



les politiques des nanotechnologies

Brice Laurent

# Les politiques des nanotechnologies

Pour un traitement démocratique  
d'une science émergente

Préface de Bernadette Bensaude-Vincent

Éditions Charles Léopold Mayer  
38, rue Saint-Sabin Paris (France)

*Les Éditions Charles Léopold Mayer, fondées en 1995, ont pour objectif d'aider à l'échange et à la diffusion des idées et des expériences de la Fondation Charles Léopold Mayer pour le progrès de l'Homme (FPH) et ses partenaires. Les ECLM sont membres de la Coredem, une confédération de sites ressources pour une démocratie mondiale qui rassemble des partenaires autour d'une charte, d'un moteur de recherche et d'un wiki.[www.coredem.info](http://www.coredem.info)*

### **L'auteur**

**Brice Laurent** est ingénieur des Mines. Il est chercheur au Centre de sociologie de l'innovation de Mines Paris Tech et enseigne à Sciences Po Paris. Il travaille sur les relations entre science et démocratie, tout particulièrement concernant les nanotechnologies.

## **Remerciements**

Cet ouvrage fait partie d'un projet plus vaste, qui s'intéresse aux nanotechnologies comme une épreuve pour l'analyse et la pratique du politique. À ce titre, nombreuses sont les personnes qui ont contribué (et contribuent encore) à ce travail. Mes remerciements vont à Michel Callon, Sheila Jasanoff et Arie Rip, pour leur soutien et leurs conseils, de même qu'à David Guston, qui m'a accueilli en 2007 à l'Université d'État de l'Arizona, en m'offrant la possibilité de travailler au cœur du *real time technology assessment*. J'aimerais remercier mes coauteurs pour différents travaux, Nicolas Benvegna, Erik Fisher, et Michiel van Oudheusden, ainsi que mes collègues du Centre de sociologie de l'école des Mines, tout particulièrement Benjamin Lemoine, qui a grandement contribué aux réflexions présentées ici. Les interactions avec des personnes engagées à des titres divers dans les débats sur les nanotechnologies ont été nombreuses et riches d'enseignements. Je remercie en particulier Dorothée Benoît-Browaey, avec qui l'expérimentation des relations entre études universitaires et engagement social est toujours en cours.

## Préface

C'est une volonté politique qui a fait exister les nanotechnologies et a permis de dégager les crédits, les moyens et les structures de recherche adaptées. Tel est le premier constat qu'il importait de faire. Et ce livre ne se contente pas de signaler aux citoyens que tout ceci relève de la chose publique et les concerne au premier chef. Il souligne que cette volonté politique procède d'une vision, une grande vision qui embrasse tout. Une nouvelle forme de globalisation passe par le nanomètre, qui se manifeste par trois aspects au moins.

D'abord, les nanotechnologies sont promues comme des techniques susceptibles de potentialiser et renouveler tous les secteurs depuis l'automobile, l'agriculture, jusqu'à la santé, la médecine et l'armée. Celui qui accède à cette échelle, celui qui est en mesure de construire avec des atomes et des molécules, est censé détenir les clés de l'avenir. On aura « toujours plus avec moins », plus de puissance, plus d'énergie, plus de santé avec moins de matière, moins de déchets, moins de maladies. D'où une course effrénée des pays industrialisés ou en voie d'industrialisation, pour conquérir le nanomonde. Nombre de dollars investis, de publications, de brevets déposés... on compte, on se compare, on s'évalue, on se surveille dans un climat de compétition effrénée.

De plus, à l'échelle du nanomètre il est facile d'estomper toutes les différences : entre l'inerte et le vivant, entre la nature et

l'artefact, entre la matière et l'information, entre la science et la fiction, entre promesses et prévisions... La volonté d'effacer les frontières jalousement gardées entre les disciplines universitaires avait déjà promu l'interdisciplinarité comme une sorte de dogme. Avec les nanotechnologies, on va beaucoup plus loin puisque c'est la convergence de toutes les branches de la science comme de la technique qui est visée.

Enfin, les nanotechnologies n'ont pas seulement un effet de dédifférenciation, elles aspirent toutes les ressources dans leur dynamique. On les présente parfois comme un tsunami, un tourbillon qui emporte tout dans un mouvement effréné. Mais qui peut arrêter ou même contrôler un tsunami ? Les feuilles de route soigneusement élaborées par Mihail Roco, chef d'orchestre de la US Nano Initiative, ne doivent pas faire illusion. Comme le souligne Brice Laurent, elles ne tracent pas vraiment un calendrier, ni un plan mûrement réfléchi. Elles ont plutôt pour fonction d'imposer un progrès dans une seule direction, d'indiquer le sens de la marche, en esquivant les alternatives. Et tous de courir dans la même direction. On est en état de mobilisation générale, pour la conquête du nanomonde.

Cet ouvrage met aussi en relief un autre coup de force des initiatives de recherche en nanotechnologies. La mobilisation des ressources scientifiques, techniques, financières n'est encore qu'une facette. Le mouvement tourbillonnaire embarque aussi dans sa spirale les sciences sociales, l'éthique et les citoyens. Ceci procède d'une prise de conscience assez lucide : même si elle se présente comme une solution aux problèmes contemporains, une nouvelle technologie engendre aussi des problèmes. « Opportunités et risques », le fameux rapport de la Royal Society et de la Royal Academy of Engineering publié en 2004 a formaté tous les débats ultérieurs. De nouvelles troupes – de toxicologues, sociologues, éthiciens, juristes... – ont donc été mobilisées pour inventorier les risques et anticiper les « impacts », en amont, dès le stade de la recherche. Mieux, les initiatives en nanotechnologies semblent vouloir en découdre pour de bon avec la conception traditionnelle du

public profane incapable de se former une opinion ou un avis sur les questions scientifiques et techniques puisqu'elles ont encouragé diverses formules de participation des citoyens sous forme de débats, conférences, jurys, etc. Les dispositifs et procédures s'appuient sur des concepts vagues tels que « dialogue », « transparence », « sécurité ». « Innovation responsable » est le slogan sous lequel se déploie cette démarche pro-active qui aboutit à la constitution d'une liste standard de problèmes à la fois urgents – vu le nombre de nanoparticules déjà sur le marché – et très futuristes – comme l'avènement d'une humanité augmentée ou de transhumains. Mais dans la plupart des cas, ces listes détournent les débats des questions politiques cruciales (orientation de la politique scientifique, existence des substances, nature des questions éthiques).

En quelques pages solidement argumentées, ce livre souligne les paradoxes auxquels conduit cette prétendue « innovation responsable ». Le management des risques tel qu'il est mis en place contribue à dénier ou dissimuler les incertitudes au lieu de les affronter. L'intégration des sciences sociales vise bien souvent à faciliter l'acceptabilité sociale des nanotechnologies plutôt qu'à faire prendre conscience des problèmes de morale et de société qu'elles soulèvent. L'éthique sert trop souvent à esquiver le politique. L'enrôlement du public favorise des procédures compliquées qui débouchent sur des consensus mous...

Bref, c'est un état des lieux sans concessions que dresse cet ouvrage. Les nanotechnologies, qui se présentent comme la solution à tous les maux, nous confrontent en réalité à une foule de problèmes difficiles qui ne pourront être traités qu'au prix d'une démarche d'invention et d'expérimentation tâtonnante, modeste et vigilante d'un nouveau régime politique de choix scientifiques et technologiques.

*Bernadette Bensaude-Vincent*  
Présidente de Vivagora

## Introduction

### California Institute of Technology, 21 janvier 2000

Le président américain Bill Clinton est au California Institute of Technology (Caltech), l'une des meilleures universités scientifiques du pays. Derrière le pupitre depuis lequel il s'adresse à la foule des étudiants et des chercheurs venus l'écouter, de grandes lettres dorées sur un large panneau bleu annoncent : *“Investing in Science and Technology for a Strong America”*<sup>1</sup>. Clinton vient présenter en effet son budget pour les sciences et les technologies pour les années à venir. Il est accompagné par son conseiller scientifique Neal Lane, et par Rita Colwell, la directrice de la National Science Foundation, une agence fédérale qui assure une grande partie du financement public de la recherche américaine. Derrière lui est assis Gordon Moore, auteur de la fameuse « loi de Moore », qui veut que la performance des composants électroniques augmente régulièrement à coût constant.

Au Caltech, Clinton s'adresse à ceux qui « ont rendu possible la fabrication de puces de plus en plus complexes et la première visite guidée de Mars ». À cette communauté de chercheurs, le

---

1. Investir dans les sciences et les technologies pour une Amérique plus forte. (NdE)

président vient expliquer ce que prévoit son administration pour « accélérer la marche de la connaissance humaine ». Il annonce la création d'un fonds de recherche pour le XXI<sup>e</sup> siècle doté de 2,8 milliards de dollars. En effet, explique le Président, c'est la science qui permettra de vivre « une vie plus longue et plus saine ».

Dans le cadre de ce plan massif de soutien à la recherche scientifique, Clinton annonce le lancement d'une initiative nationale sur les nanotechnologies financée à hauteur de 500 millions de dollars pour l'année 2001. « Imaginez », poursuit le Président, « des matériaux dix fois plus résistants que l'acier et pesant une fraction de leur poids », « tous les ouvrages de la bibliothèque du Congrès contenus dans un cube de la taille d'un morceau de sucre », « des instruments de détection des tumeurs qui ne sont grosses que de quelques cellules ». Voilà quelques exemples de ce que promettent les nanotechnologies dont la future *National Nanotechnology Initiative* devra garantir les réalisations. Car les nanotechnologies sont le secteur qui fournira les innovations révolutionnaires de demain – Neal Lane lui-même l'avait expliqué deux ans plus tôt devant le Congrès américain.

### **Bruxelles, 27 octobre 2007**

À l'hôtel Sofitel Europe de Bruxelles, des industriels, des représentants d'ONG et des hauts fonctionnaires européens et nationaux sont réunis à l'initiative de la Direction Générale de la Santé et de la Consommation (DG Sanco) pour le premier *Safety for Success Dialogue*. Il s'agit de parler de sûreté sanitaire des nanomatériaux. Paola Testori Coggi, adjointe au directeur général de la DG Sanco ouvre les discussions. Elle explique qu'on s'attend à ce que les nanotechnologies « jouent un rôle majeur dans les développements technologiques futurs ». Alors que les promesses de gains pour l'industrie se chiffrent en centaines de milliards de dollars, plusieurs centaines de produits de consommation contiendraient déjà des nanomatériaux. La réunion s'ouvre sur le constat que « des inquiétudes ont été exprimées par des scientifiques »

à propos de « l'inadéquation » des méthodes et du peu de données disponibles pour évaluer les risques éventuels des nanomatériaux pour la santé et l'environnement. Les discussions qui suivent reprennent ce constat. Au point que Robert Madelin, à la tête de la DG Sanco, les conclut en affirmant une « conviction personnelle » : les industriels peuvent faire beaucoup plus pour assurer l'information sur leurs produits. Selon lui, la confiance du public envers les nanoproducts et en leur capacité à faire de l'Europe une région innovante et compétitive est fondamentale. Il s'agit d'assurer le « développement responsable des nanotechnologies ». Pour éviter que les consommateurs ne rejettent les nanotechnologies, il est indispensable d'« agir vite », de rassembler les informations, faire des études de risques et assurer un processus de dialogue « ouvert » et « continu » grâce à des initiatives comme la réunion *Safety for Success*, qui se tiendra désormais une fois par an.

### **Rennes, 7 janvier 2010**

À Rennes, ce soir-là, environ deux cents personnes se sont déplacées pour une réunion publique sur les nanotechnologies. La réunion fait partie du débat national sur les nanotechnologies qu'organise la Commission nationale du débat public. Isabelle Jarry, une des membres de la commission ouvre la discussion et rappelle que ce débat est « directement issu du Grenelle de l'Environnement ». Il s'agit ce soir de « parler de ces nanotechnologies » et de « recueillir les avis du public ». Des associations, des industriels, des chercheurs ou des agences ont rédigé des « cahiers d'acteurs » dans lesquels ils expliquent leur point de vue sur le sujet. Cette réunion est censée traiter des applications des nanotechnologies dans l'alimentation. Or il sera finalement peu question d'alimentation : après que les experts, représentants industriels et associatifs à la tribune se sont présentés, un participant dans la salle demande la parole et annonce que « l'objectif d'une réunion comme celle-ci [...] n'est autre que de nous faire accepter leurs

décisions ». S'ensuivent des coups de sifflets répétés, tandis que des banderoles sont déployées : « Débat virtuel, nuisances réelles », et que des slogans sont criés dans la salle : « Nano, OGM, nucléaire, qu'est-ce qu'on ne ferait pas pour un salaire ! » « Le débat, on s'en fout, on veut pas d'nanos du tout », « Les nanos c'est pas vert, c'est juste totalitaire ». Malgré les tentatives d'Isabelle Jarry pour inciter les perturbateurs à « participer à ce débat et à se joindre au public », les cris et les sifflets ne cessent pas. Au point que les organisateurs préfèrent finalement reprendre la discussion avec les invités dans une salle close et la retransmettre en direct sur Internet : c'est en devenant virtuel que le débat reste « public ».

### Questions politiques des nanotechnologies

Ces trois épisodes sont significatifs des questions et des enjeux que soulèvent les nanotechnologies. Pensées au départ comme un programme de politique scientifique attribuant des financements à des projets communs parce que concernés par l'échelle atomique, les nanotechnologies sont progressivement devenues un problème public fait de risques sanitaires, de questions éthiques, d'interrogations sur les libertés individuelles. Face à ce problème, le dialogue avec les parties prenantes et l'engagement du public seraient devenus indispensables. On le voit avec la troisième scène : ce n'est pas parce qu'un débat a lieu que les oppositions cessent, bien au contraire. Il ne faudrait pas déduire des trois scènes décrites que les nanotechnologies sont soutenues sans réserve aux États-Unis, voient leurs risques sanitaires discutés dans les instances européennes soucieuses de développement durable et du principe de précaution, tandis que des mobilisations sociales empêcheraient en France toute discussion publique sur le sujet. L'interrogation sur les risques éventuels se manifeste en réalité aux États-Unis comme en Europe. Et si les perturbations de réunions publiques sont spécifiques à la France, les revendications d'ONG et d'associations de protection de l'environnement et des

consommateurs se font entendre dans tous les pays soutenant les nanotechnologies.

Comment, en démocratie, définir et traiter les problèmes posés par les nanotechnologies ?

Cette question, au centre de cet ouvrage, est posée par les acteurs des nanotechnologies eux-mêmes. En les définissant comme une affaire de développement technologique de portée nationale, Clinton considère que le problème posé à son administration par les nanotechnologies consiste à assurer la construction d'une politique scientifique capable de tenir les promesses annoncées. Lors des réunions *Safety for Success*, la Commission européenne met en avant sa volonté d'assurer la sécurité sanitaire des nanomatériaux. Elle pose le risque chimique en marqueur du problème public des nanotechnologies, et annonce pour y répondre une démarche faite de « transparence » et de « dialogue » avec les parties prenantes. C'est bien le dialogue qui est mis en œuvre en France par l'intermédiaire d'un débat public national sur les nanotechnologies. Mais pour les opposants qui perturbent la réunion publique, le débat lui-même est une partie du problème des nanotechnologies. Ainsi les « problèmes posés par les nanotechnologies » ne sont pas une réalité simple.

Cet ouvrage propose de s'intéresser aux problèmes posés par les nanotechnologies – qu'ils aient trait à leurs risques sanitaires potentiels ou à leurs « implications éthiques », et aux solutions, diverses et souvent controversées, qui sont proposées pour y répondre. Les caractériser nous amènera à interroger la définition des nanotechnologies elles-mêmes. Face à cette vaste politique scientifique annoncée à grand renfort de millions de dollars et d'euros de financement, comment peut fonctionner la démocratie ? Alors que la « transparence » et le « dialogue » sont censés renouveler les façons de faire la politique scientifique, il est plus que nécessaire de se pencher sur les enjeux des nanotechnologies et les modalités de leur mise en politique. Dans cette optique, le cas

américain est central, car c'est aux États-Unis qu'a émergé la politique scientifique des nanotechnologies. En France, des dispositifs originaux ont été mis en place pour entreprendre un dialogue entre parties prenantes, tandis que des oppositions se sont fait entendre. Ce sont ces deux pays qui nous intéresseront tout particulièrement ici pour mettre au jour les façons de construire la politique de la science, d'évaluer les risques et les questions éthiques des nanotechnologies et d'organiser le dialogue avec les publics concernés.

## Un domaine multiforme

Parler de nanotechnologies, c'est d'abord parler de l'échelle nanométrique, c'est-à-dire le milliardième de mètre, soit l'échelle de l'atome, pour en attendre des propriétés nouvelles.

En développant depuis le début des années 1980 une instrumentation technique permettant de manipuler les atomes un à un et de contrôler les interactions de la matière à l'échelle nanométrique, les nanotechnologies ont rendu accessible à l'intervention humaine un monde aux propriétés multiples. Car elles sont d'abord un ensemble d'instruments avant d'être une discipline : des instruments qui ont permis en 1989 à des chercheurs d'IBM d'écrire le sigle de leur entreprise en utilisant 35 atomes de xénon. D'autres encore grâce auxquels on peut concevoir des matériaux plus résistants et plus souples, utilisant par exemple des nanotubes de carbone (des fibres d'atomes de carbone au diamètre nanométrique). Beaucoup d'autres matériaux sont concernés par les développements des nanotechnologies : or, argent, silice, fer, manganèse, dioxyde de titane ont des propriétés nouvelles à l'échelle nanométrique, qui peuvent être exploitées dans des produits ou procédés industriels. Dans le domaine de l'électronique, c'est la miniaturisation des puces qui s'annonce avec le développement de technologies de gravure du silicium plus précises, tandis que l'électronique moléculaire promet de réaliser des transistors à partir d'une seule molécule.

La recherche à l'échelle nanométrique concerne aussi des travaux à la frontière entre physique et biologie. Les arrangements moléculaires à l'œuvre dans la cellule peuvent fournir des modèles pour « fonctionnaliser » des molécules, et ainsi utiliser une configuration particulière pour une certaine propriété. On parle de « nanoturbines », de « nanomoteurs » ou de « nanovoitures ». Des dispositifs capables de véhiculer les molécules de médicament à l'endroit précis où elles sont nécessaires sont envisagés, tandis que certains imaginent même des « nanorobots » intervenant directement dans les tissus.

Les nanotechnologies héritent des sciences des matériaux une démarche qui consiste à manipuler la matière pour faire surgir des propriétés inédites. Elles associent donc étroitement science et technologie. Elles ne cherchent pas à représenter une nature immuable, mais à intervenir directement sur la matière. Elles proposent simultanément une recherche théorique sur les propriétés de la matière et le développement de réponses concrètes à des problèmes très pratiques : matériaux plus légers pour limiter les consommations énergétiques, nanovecteurs capables de véhiculer une molécule anticancéreuse à l'endroit précis où se trouve une tumeur, puces électroniques permettant d'assurer une traçabilité parfaite de produits industriels.

On le voit, les nanotechnologies s'étendent sur une grande variété de domaines scientifiques et techniques, et sont associées à de nombreuses applications. Certaines d'entre elles sont déjà disponibles, d'autres sont envisagées à beaucoup plus long terme. Ces projets bénéficient tous de programmes de soutien public aux nanotechnologies. En lançant des appels à projets, en initiant des collaborations entre disciplines comme des partenariats entre recherche universitaire et développement industriel, ces programmes contribuent pour une grande part à faire exister les nanotechnologies et affichent clairement un objectif de compétitivité économique face à un domaine dont les promesses de développement de marché se chiffrent en milliards d'euros. En lançant la

*National Nanotechnology Initiative* en 2001, les États-Unis ont été les pionniers en la matière et ont été rapidement suivis par l'Union européenne, notamment la France, et les autres pays industrialisés.

Examiner les questions soulevées par les nanotechnologies et les réponses qui leur sont apportées conduit nécessairement à étudier les programmes des nanotechnologies et leur histoire. Ceux-ci annoncent un développement « responsable » des nanotechnologies, qui prendrait en compte les implications potentiellement négatives des développements technologiques pour les corriger en amont. Grâce à eux, les multiples disciplines concernées et les différents projets de recherche et leurs applications forment un ensemble cohérent. C'est à la construction de ce « programme global » des nanotechnologies que nous allons d'abord nous intéresser.

## 1. Une politique scientifique globale

### La « révolution » des nanotechnologies : le résultat d'une politique scientifique

#### *Naissance de la National Nanotechnology Initiative (NNI)*

Les nanotechnologies se sont révélées un domaine d'intérêt pour le financement public de la recherche au cours des années 1990 aux États-Unis. La National Science Foundation (NSF), la NASA, le département de la Défense (DOD) et celui de l'Énergie (DOE) ont commencé à soutenir des ateliers et des travaux de réflexion sur les nanoparticules<sup>2</sup>, l'auto-assemblage<sup>3</sup>, l'utilisation des nanotechnologies pour l'énergie<sup>4</sup>, pour des matériaux nouveaux et l'électronique<sup>5</sup>, pour l'armement<sup>6</sup> ou encore pour

2. D.T. Shaw, M.C. Roco and R. Shull (dir.), *NSF-NIST Conference on Nanoparticles, Conference Proceedings*, NSF and NIST, 1997.

3. M. Tirrell (dir.), *Selfassembling, NSF Workshop Proceedings*, cité dans M. Roco, S. Williams et P. Alivasatos (dir.), *Nanotechnology Research Direction: IWGN Workshop Report*, WTEC, Loyola College, 1998.

4. Y.M. Chiang and J.Y. Ying, *A Research Needs Assessment: Future Use of Nanofabricated Materials in Energy Applications*, Washington, U.S., Department of Energy, 1998.

5. D. Herr, M. Meyyappan and V. Zhirnov (eds.), *Nanotubes and Nanoelectronics, Workshop Proceedings*, SRC/NASA Ames, 1998.

6. T. Tassinari (dir.), *Nanotechnology for the Soldier System*, ARO/Department of Defense, 1998.

renouveler les sciences du vivant et la médecine<sup>7</sup>. Ces agences fédérales sont impliquées dans la formation en 1996 d'un groupe de travail d'abord informel, qui devient en 1998 le Interagency Working Group on Nanotechnology (IWGN). Un membre de ce groupe de travail, Mihail Roco, ancien professeur d'ingénierie mécanique à l'université du Kentucky et responsable de programme à la NSF sera l'artisan principal de la politique américaine sur les nanotechnologies.

Roco soutient activement le travail d'un panel de huit scientifiques qui se met en place à l'initiative du World Technology Center Evaluation (WTEC), une organisation financée par des agences fédérales, qui se spécialise dans l'évaluation des programmes technologiques internationaux. Ces scientifiques travaillent entre 1996 et 1998 à établir une cartographie des activités internationales en nanotechnologies, en ayant à l'esprit de futures collaborations internationales mais aussi – et peut-être surtout – la compétition entre pays qui s'annonce sur un domaine prometteur. Ils constatent que les laboratoires américains ont reçu 116 millions de dollars de financement public en 1997, et s'intéressent ensuite à plusieurs pays. Ils se rendent notamment en France, où la directrice du CNRS, Catherine Bréchnignac, les informe qu'alors « 300 chercheurs dans 40 laboratoires de physique, et 200 chercheurs dans 20 laboratoires de chimie » sont impliqués dans la recherche en nanotechnologies, pour un financement annuel d'environ 18 millions de francs<sup>8</sup>.

Le rapport final du panel conclut à la nécessité impérieuse pour les États-Unis de disposer d'un programme de coordination de la recherche en nanotechnologies. C'est également la direction prise par un second rapport publié par l'IWGN la même année<sup>9</sup> : à

7. L. Jelinski, *US-EC Workshop on Nano-biotechnology*, Workshop Report, National Science Foundation, 1997.

8. Siegel, Hu et Roco, *Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study*, WTEC, Loyola College in Maryland, 1999.

9. Roco, Williams et Alivasatos (dir.), *Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report. Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade*, WTEC, Loyola College in Maryland, 1999.

l'issue d'un colloque rassemblant chercheurs, fonctionnaires et industriels, le groupe de travail insiste sur les « découvertes en train de se faire » qui ont trait aux phénomènes et procédés à l'échelle nanométrique. Le rapport mentionne « une nouvelle génération de capteurs chimiques et biologiques », « l'amélioration des capacités de mémoire des ordinateurs d'un facteur d'un million », « de minuscules sondes médicales qui n'endommageront pas les tissus », « des médicaments entièrement nouveaux », « des céramiques nanostructurées », « des polymères renforcés aux nanoparticules dans des voitures plus légères », et « des silices et des polymères nanostructurés capables d'accumuler les polluants » : autant de découvertes directement connectées à des applications possibles, qui reprennent et prolongent des travaux entrepris dans les laboratoires et présentés au cours du colloque. D'où la conclusion du rapport : pour poursuivre les progrès amorcés, les accélérer et s'assurer de la position des États-Unis dans le secteur, une initiative fédérale est nécessaire. Son objectif serait de coordonner les financements, d'assurer l'interdisciplinarité, les contacts entre universités et entreprises, et la réalisation de ce qui pour les membres de l'IWGN s'annonce comme une « révolution ». Le travail de l'IWGN n'est pas le produit d'une petite équipe isolée : les ateliers organisés par les membres du groupe de travail rassemblent des dizaines de scientifiques, dont des sommités comme George Whiteside, un chimiste renommé d'Harvard qui annonce la « révolution » des nanotechnologies dans le magazine grand public du MIT en 1998<sup>10</sup>, mais aussi de nombreux représentants d'entreprises privées. À ce tableau s'ajoutent les interventions de « penseurs du futur » comme James Canton, fondateur de l'Institute for Global Futures, un *think tank* qui fait profession de repérer les évolutions technologiques futures.

La proposition d'initiative fédérale coordonnée est reprise par le Prix Nobel de chimie Richard Smalley qui intervient devant le Congrès en 1999 : il promet une révolution technologique à

10. G. M. Whiteside, *Nanotechnology: « Art of the possible »*, *Technology Review*, novembre/décembre 1998.

laquelle les États-Unis ne peuvent manquer de participer et insiste alors pour que les nanotechnologies soient une priorité pour la recherche soutenue par l'Etat fédéral. Neal Lane, conseiller du président Clinton pour les sciences et les technologies qui affirmait en 1998 que les nanotechnologies seraient « le domaine scientifique susceptible de produire les innovations majeures de demain » soutient la proposition. L'année suivante, le président Clinton annonce au California Institute of Technology le lancement de la *National Nanotechnology Initiative* (NNI). La NNI devient alors la structure de l'administration fédérale en charge de la coordination des activités étiquetées « nanotechnologies » des différentes agences. Dirigée par Mihail Roco, elle est dotée d'un financement qui croît régulièrement depuis sa création, et qui atteint, pour l'année 2009, 1,5 milliards de dollars.

Cette brève histoire montre que la « révolution » des nanotechnologies est à construire par des programmes, des plans de financement, des actions coordonnées, qui prennent appui sur des projets scientifiques en cours et des applications potentielles, et cherchent à orienter la recherche en conséquence. Ni mouvement inéluctable du progrès de la recherche, ni création bureaucratique sans contenu scientifique, la politique de soutien aux nanotechnologies articule travaux concrets en laboratoire et anticipations de développements technologiques plus ou moins éloignés dans le temps.

### ***La politique scientifique des nanotechnologies en Europe et en France***

Alors qu'elle visait au départ à répondre aux initiatives prises dans le reste du monde qui auraient menacé l'hégémonie scientifique américaine, la politique américaine des nanotechnologies suscite de la part des autres pays développés une interrogation symétrique : n'allons-nous pas nous faire distancer par les Américains dans ce qui devient de plus en plus nettement une course aux nanotechnologies ? C'est bien ce que craignent les Européens, quand ils lancent en 2004 un « plan d'action stratégique » en

faveur des nanotechnologies. Celui-ci les identifie comme un élément majeur de la stratégie de Lisbonne, qui veut faire de l'Europe une « société de la connaissance ». Malgré la « solide base de connaissances » créée dans l'Union européenne, ce plan d'action souligne la faiblesse de la position européenne dans la course internationale que sont devenues les nanotechnologies : « Il n'est pas certain qu'elle (l'Europe) soit capable de se maintenir en bonne position dans ce secteur, car d'une part, elle investit proportionnellement moins que ses principaux concurrents et d'autre part, elle manque d'infrastructures de rang mondial [...] pour atteindre la masse critique nécessaire<sup>11</sup>. » En réponse à ce constat, les programmes cadres successifs, qui organisent les appels à projets de recherche pour les financements européens feront la part belle aux nanotechnologies.

La France prend des initiatives consacrées aux nanotechnologies de façon plus dispersée. L'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST) s'intéresse en 2003 à la nanoélectronique, puis un an plus tard aux applications des nanotechnologies dans le domaine de la médecine. Les nanotechnologies sont alors en voie de devenir une priorité pour la politique scientifique nationale, notamment via la création d'un « réseau micro et nanotechnologies » qui offre des financements publics pour des projets collaboratifs. Lors de la création de l'Agence nationale de la recherche en 2005, les nanotechnologies apparaissent rapidement comme un domaine prioritaire. Le programme PNANO d'appels à projets dans les nanotechnologies est en 2009 le plus gros programme ciblé de l'agence, immédiatement derrière le programme « blanc » ouvert à toute contribution. Les nanotechnologies sont par ailleurs directement concernées par la mise en place d'outils de développement territorial comme les pôles de compétitivité et font l'objet de démarches de coordination qui visent à mettre en relation des laboratoires et des centres de recherche au niveau régional.

11. « Vers une stratégie européenne en faveur des nanotechnologies », communication de la Commission européenne, 2004.

## L'histoire controversée des nanotechnologies

### *Le passé comme ressource : l'histoire héroïque des nanotechnologies*

À travers les présentations de la politique scientifique dans les rapports administratifs, les annonces des politiques, et les discours des scientifiques, émerge un « grand récit » des nanotechnologies, qui leur assigne une place particulière dans l'aventure scientifique humaine et qui est utilisé comme ressource dans la construction des programmes qui les concernent.

Dans son discours de Caltech, Clinton place la NNI dans la droite ligne des « prédictions » d'un physicien célèbre, prix Nobel et lui-même ancien de Caltech, Richard Feynman. Le président s'interroge : « Que se passerait-il si nous pouvions manipuler les atomes un par un à notre convenance ? » La question avait été posée par Feynman en 1959 au cours d'une conférence devenue célèbre, dans laquelle le physicien déclarait qu'il y avait « beaucoup de place en bas (*plenty of room at the bottom*) ». Feynman, qui est nommé cité par Clinton à Caltech, promettait alors des possibilités de stockage de l'information insoupçonnées à l'époque : une bibliothèque entière pourrait tenir sur une tête d'épingle. Le discours de Caltech reprend ainsi ce qui est devenu un lieu commun des programmes de soutien aux nanotechnologies<sup>12</sup> : en rêvant tout haut aux possibilités qu'offrait la manipulation de la matière à l'échelle atomique, Feynman aurait annoncé alors la révolution à venir des nanotechnologies, susceptible de transformer de fond en comble les pratiques scientifiques comme les applications technologiques utilisées au quotidien. Quelle que soit l'adéquation entre la « prophétie » de Feynman et la réalité des pratiques scientifiques, ou même entre le discours effectivement prononcé par Feynman et ses citations dans les rapports officiels sur les nanotechnologies<sup>13</sup>, la référence au grand physicien est

12. La référence à Feynman est ainsi reprise dans le rapport de 1999 de l'IWGN.

13. Le fondement historique de la référence à Feynman dans les programmes

une ressource certaine pour le programme des nanotechnologies, qui peut s'inscrire alors dans un héritage prestigieux.

Cet héritage est complété par une lecture de l'histoire de la physique de la fin du XX<sup>e</sup> siècle qui décrit une progression continue vers une maîtrise de l'échelle nanométrique. Ce sont des découvertes ayant trait à l'instrumentation physique qui retiennent le plus fréquemment l'attention, et avant tout celle du microscope à effet tunnel, par des chercheurs d'IBM en 1981. Le microscope à effet tunnel met à profit un effet physique quantique permettant d'utiliser la pointe de l'instrument pour déplacer un à un les atomes de la surface observée. Ainsi, bien plus qu'un simple instrument d'observation, le microscope à effet tunnel permet de manipuler la matière à l'échelle atomique. C'est même ainsi qu'il donne la possibilité de « voir » les atomes. Les chercheurs d'IBM qui ont mis au point le microscope à effet tunnel (une découverte qui leur a valu le prix Nobel de physique) l'ont démontré en écrivant à l'aide d'atomes de xénon le sigle IBM. Alors que les programmes de soutien aux nanotechnologies sont mis en place, cette image devient une référence incontournable : c'est là la preuve visible que la manipulation de la matière « atome par atome » est possible.

En inscrivant les programmes des nanotechnologies dans une lignée prestigieuse, et rendue presque mythique par la succession de « pionniers » d'un nouveau monde, la politique scientifique peut utiliser l'histoire comme une ressource. Les concepteurs de la NNI s'attachent ainsi à inscrire les nanotechnologies dans une généalogie commençant avec Feynman et poursuivie par la mise au point d'instruments de plus en plus sophistiqués, qui permettent d'approcher au plus près les détails de la matière. Les nanotechnologies deviennent ainsi un élément du progrès des sciences, celui qui permet d'aller de prix Nobel en prix Nobel, vers la

de soutien aux nanotechnologies a été critiqué par Chris Toumey (C. Toumey, *Reading Feynman into nanotechnology*, *Techné*, 12(3) : 133-167, 2008). La question qui nous intéresse ici est moins celle de la réalité historique de la référence à Feynman que son utilisation dans la construction des politiques des nanotechnologies.

découverte de nouvelles contrées : elles sont alors la résultante d'une « histoire héroïque », celle des scientifiques allant toujours plus loin dans le progrès vers la connaissance. L'histoire héroïque telle qu'elle apparaît dans les discours des promoteurs de la politique scientifique sur les nanotechnologies n'est cependant pas universellement acceptée : on va voir que la référence à Feynman suscite des controverses.

### ***D'une vision révolutionnaire à une logique industrielle : la mise à l'écart de Drexler***

Jeune ingénieur diplômé du MIT, Eric Drexler écrit en 1986 *Engines of Creation*, un ouvrage dans lequel il annonce les nanotechnologies comme les héritières directes de la « prophétie » de Feynman<sup>14</sup>. Elles sont pour lui la porte d'entrée d'un nouveau monde, l'annonce d'une révolution fondée sur l'utilisation de machines moléculaires capables « d'auto-assemblage » : des machines de taille nanométrique (des « nano machines ») pourraient être utilisées comme « assembleurs » de nouvelles nano machines. Ainsi, promet Drexler, l'auto-assemblage pourrait permettre de créer toute sorte de composés avec n'importe quelle matière initiale. L'année même de la publication de son ouvrage, Drexler fonde le Foresight Institute, un *think tank* voué à la réalisation de la « révolution » des nanotechnologies, dont l'objectif est d'« informer la société sur les nanotechnologies par des activités de politique publique, des feuilles de route, des prix et des conférences<sup>15</sup> ».

Les activités de Drexler ne passent pas inaperçues, y compris à un haut niveau dans l'administration américaine. Drexler intervient au Congrès en 1992, et annonce au sénateur Al Gore, très intéressé par la question, que les nanotechnologies, en bouleversant les modes de production, pourront résoudre le problème de la pauvreté. Richard Smalley, prix Nobel de chimie, se déclare

14. E. Drexler, *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*, London, Doubleday, 1986.

15. Présentation sur le site du Foresight Institute ([www.foresight.org](http://www.foresight.org)).

« fan » de Drexler, alors qu'est créée en 1993 une initiative consacrée aux nanotechnologies dans son université, Rice, au Texas. Il explique alors qu'il « distribue des copies des livres d'Eric (Drexler) aux membres du conseil des gouverneurs de Rice » afin d'expliquer « de quoi le futur sera fait<sup>16</sup> ». En 1998, une conférence du Foresight Institute sur l'ingénierie moléculaire est soutenue par la NSF, qui co-organise un forum animé par Roco lui-même.

Pour Drexler et ses collègues du Foresight Institute, les nanotechnologies sont une technologie « anticipée », qui permettra de « contrôler la structure de la matière à l'échelle moléculaire ». Les nanotechnologies telles qu'elles sont définies par Drexler concernent avant tout la « fabrication moléculaire », dans laquelle « les matériaux et les produits sont fabriqués par le positionnement précis des molécules en accord avec un design explicite d'ingénierie<sup>17</sup> ». Pour Drexler, le sens de l'histoire héroïque des nanotechnologies et de la prophétie de Feynman est donc d'aller vers l'ingénierie moléculaire c'est-à-dire par exemple, la construction de « nano voitures ». Ces assemblages moléculaires avançant sur une surface plane font de très belles couvertures dans *Nature* et *Science*, et avaient déjà été envisagées par un intervenant à une conférence du Foresight Institute comme rien moins qu'une façon d'« accomplir le rêve de Feynman<sup>18</sup> ». Les nanotechnologies de Drexler sont donc celles d'un futur hypothétique, dans lequel des nanomachines pourraient bouleverser les modes de vie.

Mais les initiatives fédérales consacrées aux nanotechnologies sont loin de se limiter à l'ingénierie moléculaire. Dans le rapport de 1999 préfigurateur de la NNI, les nanotechnologies sont définies comme « la construction et l'utilisation de structures fonctionnelles dont au moins une des dimensions caractéristiques de

16. L'anecdote est rapportée par Ed Regis, "It's a Small, Small World", *Reason Magazine*, décembre 1995.

17. Traduction d'un extrait de la page "What is technology?" du site du Foresight Institute ([www.foresight.org/nano](http://www.foresight.org/nano)).

18. M. Michalewicz, "Nano-cars: Feynman's dream fulfilled or the ultimate challenge to Automotive Industry", article présenté à la 5<sup>e</sup> Foresight Institute Molecular Nanotechnology Conference, 5-8 novembre 1997.

taille nanométrique<sup>19</sup> ». Pour la NNI, les nanotechnologies désigneront ainsi toutes les technologies fondées sur l'exploitation d'une dimension nanométrique qui confère aux substances ou matériaux une propriété nouvelle. La définition est large : elle inclut certes la machinerie moléculaire de Drexler, mais ne s'y limite pas. Elle comprend aussi la miniaturisation des composants électroniques et les prolongements de la chimie traditionnelle à l'échelle du nanomètre. La NNI soutient donc les recherches en cours en chimie et en électronique, qui conduisent certes à transformer les procédés de production et à étendre le champ des applications possibles en utilisant des propriétés liées à la taille nanométrique des substances, mais qui ont peu à voir avec le rêve de Drexler des machines qui se répliquent d'elles-mêmes.

L'élargissement du champ des nanotechnologies – toujours placées malgré tout sous le patronage symbolique de Feynman – est lié à l'implication grandissante des industriels dans le champ. Une organisation créée en 2001, la NanoBusiness Alliance, rassemble les industriels intéressés par « les nanotechnologies et les micro-systèmes » afin de défendre leurs intérêts dans l'administration fédérale, en intervenant lors des auditions au Congrès, et en s'assurant que la NNI crée les conditions favorables au développement industriel<sup>20</sup>. Les nanotechnologies, pour la NanoBusiness Alliance, représentent avant tout un marché gigantesque qui concerne des dizaines de produits : crèmes solaires, filtres à eau, méthodes de diagnostic, textiles auto-nettoyants... D'où l'opposition des industriels pour les nanotechnologies de Drexler, trop éloignées de ce qui intéresse les marchés, et qui sont, pour un des fondateurs de la NanoBusiness Alliance, des « délires d'ivrogne<sup>21</sup> » susceptibles d'effrayer consommateurs et soutiens politiques potentiels.

19. Roco, Williams et Alivasatos (dir.), *Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report. Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade*, WTEC, Loyola College in Maryland : p. vii, 1999.

20. Voir [www.nanobusiness.org](http://www.nanobusiness.org)

21. L'anecdote est rapportée par Ed Regis, (Ed Regis, "The incredible shrinking man", *Wired*, octobre 2004).

Drexler lui-même ne s'y trompe pas. Il revient en 2004 sur le sort fait à la « vision de Feynman » dans les programmes américains relatifs aux nanotechnologies. La NNI, écrit-il, a transformé le rêve du grand physicien en une opération commerciale, en une entreprise dont le seul objectif est de faire circuler de l'argent public vers des laboratoires de recherche ou des entreprises privées. Pour Drexler, les acteurs de la politique scientifique américaine ont dévoyé les nanotechnologies, et les ont conduites « de Feynman aux financements<sup>22</sup> » : à la vision révolutionnaire du grand physicien s'est substituée la logique du financement de projets à visée industrielle de court terme.

Ainsi, entre Drexler et la NNI, le désaccord a trait au sens de l'histoire des nanotechnologies. De père potentiel des nanotechnologies, Drexler se transforme en critique des initiatives fédérales de soutien aux nanotechnologies. Il faut dire qu'il n'a jamais été directement impliqué dans les travaux préparatoires à la NNI. Sa prédiction des machines moléculaires n'est pas reprise fidèlement, y compris quand la NNI aborde le même sujet. En effet, ce sont des chimistes qui évoquent les machines moléculaires et leur possible auto-assemblage lors des ateliers de préparation de la NNI. Ils mettent en avant la chimie de synthèse et l'émergence des propriétés en situation de complexité, contrairement à Drexler dont la vision des « nano machines » prend le modèle du contrôle offert par la mécanique<sup>23</sup>. L'opposition se solidifie un peu plus lors d'une discussion par articles interposés entre Eric Drexler et Richard Smalley. Smalley, dont on a vu qu'il était pourtant un admirateur déclaré de Drexler dans les années 1990, s'attaque directement à sa vision de la « machinerie moléculaire » dans un article publié en 2001 dans le magazine *Scientific American*<sup>24</sup>. Il y

22. E. Drexler, "Nanotechnology: From Feynman to Funding", *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(1) : 21-27, 2004.

23. C'est l'opposition que décrit Bernadette Bensaude-Vincent : "Two cultures of nanotechnology", *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, 10(2) : 65-82, 2002.

24. R. Smalley, "Of Chemistry, Love and Nanobots", *Scientific American*, 68-69, septembre 2001.

met en avant l'impossibilité scientifique de la réplication moléculaire : les lois physiques empêchent d'envisager avec une précision suffisante la manipulation de la matière atome par atome. Pour lui, les « doigts » du manipulateur seront soit trop « collants », soit trop « gros » pour permettre un degré de précision tel que Drexler l'envisage. À cet argument technique s'ajoute un vif reproche adressé à Drexler. Selon Smalley, le discours de Drexler ne peut qu'alimenter des craintes imaginaires à l'égard des nanotechnologies : vouloir faire des nanotechnologies une révolution moléculaire, c'est effrayer inutilement le grand public avec des nanomachines susceptibles de se répliquer sans contrôle, alors que la faisabilité technique de l'auto réplication est contestable.

D'avantage qu'un désaccord sur un sujet technique en tant que tel, l'opposition entre Drexler et Smalley est avant tout une controverse sur un programme de politique scientifique. C'est là tout le sens de la critique de Drexler envers la NNI : si l'agence américaine a ignoré « la vision de Feynman » pour n'être plus qu'un ensemble de programmes gérant des financements de projets faiblement connectés entre eux, c'est qu'elle a perdu le sens de la politique scientifique des nanotechnologies. Pour Smalley, les programmes de soutien aux nanotechnologies sont de toute première importance, mais ce ne sont pas les visions de machines auto répliquantes qui doivent les guider. Il s'agit plutôt de « réaliser le potentiel » d'un ensemble de projets de développement technologiques utilisant les propriétés de la matière à l'échelle atomique, et d'assurer ainsi la primauté de la recherche américaine au sein de la compétition économique mondiale.

### ***Controverses sur l'histoire des nanotechnologies en France***

On retrouve dans le cas français des discussions sur l'histoire des nanotechnologies. Pour nombre d'acteurs français, les nanotechnologies sont moins celles de Drexler que les héritières de la microélectronique. C'est à la nanoélectronique qu'est consacré le premier rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix

scientifiques et techniques sur les nanotechnologies<sup>25</sup>. La nanoélectronique est aussi l'activité principale des laboratoires grenoblois qui composent le pôle français majeur de recherche en nanosciences. Face aux défenseurs de l'héritage électronique, les pionniers français de la manipulation moléculaire retrouvent les accents de Drexler dans leur critique de la politique scientifique de grande ampleur que sont devenues les nanotechnologies. Christian Joachim par exemple, physicien au CNRS à Toulouse, s'agace de ce qu'on « mette le préfixe “nano” à toutes les sauces »<sup>26</sup>, en particulier dans les programmes de la NNI. Pour lui, les nanotechnologies sont les procédés de fonctionnalisation des molécules individuelles, c'est-à-dire la capacité d'utiliser telle ou telle propriété d'une molécule unique pour en faire une roue, un moteur, un interrupteur ou un transistor<sup>27</sup>. Dans sa perspective, la fabrication de nanomatériaux – qui prolonge les procédés bien connus de la chimie – ne peut sérieusement être considérée comme la « vraie » nanotechnologie.

Les oppositions sur l'histoire des nanotechnologies montrent que la définition du champ des nanotechnologies est un enjeu. On ne peut poser comme un acquis la nature de ce qui serait une « discipline scientifique » représentative des nanotechnologies, et ce d'autant plus qu'à la mobilisation du passé dans les programmes des nanotechnologies s'ajoute celle du futur.

25. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technique, *L'Évolution du secteur des semi-conducteurs et ses liens avec les micro et nanotechnologies*, Rapport n° 138, Paris, OPECSTs, 2003.

26. Interview dans *Mid e-news, l'actualité des TIC dans le Sud-Ouest*, 19 février 2008.

27. J. Gimzewski et C. Joachim, “Nanoscale science of single molecules using local probes”, *Science*, 283 : 1683-1688, 1999.

## Le futur dans les programmes des nanotechnologies

### Visions du futur

À partir du début des années 1990, la littérature de vulgarisation s'empare des nanotechnologies en extrapolant ce que pourraient être ses applications. L'ouvrage de Drexler en est un exemple frappant, mais des auteurs moins connus ne sont pas en reste. Dans son livre au titre évocateur, *Demain le Nanomonde*, le physicien Jean-Pierre Pautrat, chercheur au Commissariat à l'énergie atomique, présente les développements des nanotechnologies à venir, les « barrières physiques » qui devront être franchies pour cela, et finalement un « nanomonde » futur fait de transistors moléculaires, de biopuces capables d'effectuer un diagnostic instantané et de caméras connectées au nerf optique<sup>28</sup>. Dans un registre encore plus futuriste, Ray Kurzweil annonce l'ère des « machines spirituelles<sup>29</sup> » et prévoit rien moins que la vie éternelle, en conseillant à ses lecteurs de « vivre assez longtemps » jusqu'au moment où ils pourront « vivre pour toujours<sup>30</sup> ».

La littérature futuriste évolue avec les politiques des nanotechnologies, sans jamais en être totalement déconnectée. Ainsi J.P. Pautrat a été conseiller scientifique du CEA. On a vu précédemment le rôle influent de l'ouvrage de Drexler. Kurzweil, quant à lui, intervient à plusieurs reprises au Congrès pour parler des implications des nanotechnologies. Le « futuriste » James Canton annonce dans les rapports de la NNI que « les nanotechnologies pourraient imposer de repenser les marchés, l'économie et l'industrie à une échelle encore jamais vue dans l'histoire humaine<sup>31</sup> ».

28. J. P. Pautrat, *Demain le nanomonde. Voyage au cœur du minuscule*, Fayard, Paris, 2002.

29. R. Kurzweil, *The Age of Spiritual Machines: when Computers Exceed Human Intelligence*, Viking/Penguin Books, 1999.

30. R. Kurzweil, *Fantastic Voyage: Live Long Enough to Live Forever*, Rodale Books, Emmaus (PA), 2004.

31. J. Canton, "The strategic impact of nanotechnology on the future of business and economics", dans M. Roco et W. Bainbridge (dir.), *Societal Implications of Nanotechnology*, Washington DC, NSF, 2001.

Le métier de Canton consiste à repérer les « tendances » relatives aux développements futurs des technologies, telles qu'elles s'expriment chez des auteurs comme Drexler ou Kurzweil. Canton prévoit que les nanotechnologies « offriront inévitablement plus de temps, plus de valeur pour moins de coût, et une meilleure qualité de vie ». Bien plus, le rapprochement entre les nanotechnologies et les autres domaines de la connaissance « fournira de nouveaux choix jamais rencontrés dans aucune société à aucun moment dans l'histoire de l'humanité<sup>32</sup> ». Ainsi, c'est par l'intermédiaire de « futuristes » comme Canton que des visions du futur tenant davantage de la science-fiction que des pratiques de laboratoire font leur chemin dans les rapports de la politique scientifique.

En retour, les développements des nanotechnologies et les annonces de révolution, comme celles de Drexler, puis de Canton dans les rapports de la NNI, alimentent une littérature de science-fiction. Neal Stephenson imagine en 1995, dans *L'Âge de Diamant*, une société transformée par l'omniprésence de nanomachines produisant de nombreux produits à bas coûts, mais aux usages pas toujours contrôlés<sup>33</sup>. Michael Crichton, le prolifique auteur de *Jurassic Park*, publie en 2002 *La Proie*, un roman dans lequel des nanomachines échappent à tout contrôle et menacent leurs créateurs.

La littérature futuriste contribue à rendre intéressant un domaine de recherche, à attirer l'œil des financeurs et en particulier des politiques qui votent le budget national. Promettre, comme Drexler en 1992 devant les sénateurs américains, et notamment devant le futur vice-président Al Gore, que les nanotechnologies permettront de faire disparaître la pauvreté transforme les machines moléculaires en un secteur qu'il apparaît plus qu'opportun de financer. Annoncer, comme Kurzweil au Congrès, que les

32. Roco, Williams et Alivasatos (dir.), *Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report. Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade*, WTEC, Loyola College in Maryland, p. 179, 1999.

33. N. Stephenson, *L'Âge du diamant*, Rivages, 1996.

nanotechnologies permettront immanquablement de produire « n'importe quel objet pour quelques centimes à la livre » et de construire des ordinateurs « plus puissant que le cerveau humain<sup>34</sup> » conduit la politique de recherche nationale à se mobiliser pour « rester dans la course ». Mais cette littérature produit aussi des interrogations sur les possibles conséquences néfastes des développements technologiques. C'est après avoir lu les ouvrages de Ray Kurzweil que Bill Joy, fondateur de Sun Microsystems, annonce en avril 2000 dans un article du magazine *Wired* depuis abondamment cité que « les technologies les plus puissantes du XX<sup>e</sup> siècle – la robotique, l'ingénierie génétique et les nanotechnologies – menacent de faire de l'homme une espèce en voie de disparition<sup>35</sup> ».

### **Inscrire le futur dans les instruments de la politique scientifique**

En rassemblant des financements, des appels à projets, en soutenant l'organisation interdisciplinaire du travail scientifique, la NNI veut faire des nanotechnologies la « prochaine révolution industrielle » : elles sont censées transformer l'organisation et les pratiques industrielles, modifier la société en conséquence et accroître la productivité. Cette révolution industrielle est à la fois décrite (elle se fonde sur des projets en cours) – et anticipée (il y a un « potentiel » à réaliser). Le « potentiel des nanotechnologies » dont la NNI souhaite s'assurer de la réalisation est rendu opérationnel par des instruments de politique scientifique, dont la mise en œuvre va bien au-delà du discours incantatoire. La réalisation du « potentiel » des nanotechnologies est plus qu'une injonction : c'est un processus dynamique qui implique les scientifiques, les industriels et les administrateurs. Elle passe par des attributions de financement de recherche par la voie d'appels à projets. La politique scientifique organise ainsi les applications

34. Audition devant le *Committee on Science* de la Chambre des représentants (Washington DC, 9 avril 2003).

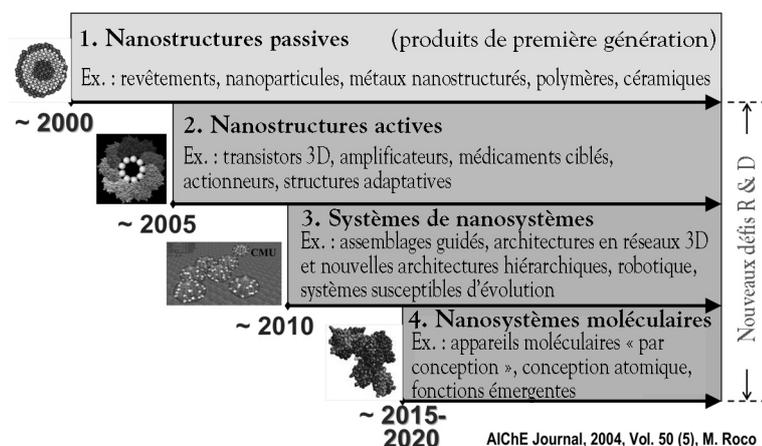
35. J. Bill, « Why the future doesn't need us », *Wired*, 8(4), avril 2004.

existantes et futures et prévoit les développements à venir. Par exemple, un rapport de 2002 chargé d'évaluer la NNI décrit les applications successives des nanotechnologies en les classant selon l'ordre chronologique supposé de leur apparition : après les applications aujourd'hui disponibles que sont, par exemple, les revêtements et les pigments plus résistants surviennent les « nano en 2007 », qui comprennent notamment les dispositifs de transport de médicaments ou les biocapteurs, puis les « nano en 2012 » censées fournir des « capteurs ultrasensibles » et des « organes artificiels nano-bio ».

### **Quatre générations de nanotechnologies**

La directeur de la NNI, Mihail Roco, s'appuie très souvent sur les « quatre générations » des nanotechnologies pour décrire les programmes de soutien aux nanotechnologies (cf. figure 1). Les quatre générations figurent dans nombre de rapports de la NNI, et sont reprises par les administrations de la politique scientifique partout dans le monde. Elles font se succéder les nanostructures « passives », c'est-à-dire les matériaux nanostructurés, dont les propriétés spécifiques découlent de la structure nanométrique et qui ont déjà fait leur entrée dans les procédés industriels et les produits commerciaux (par exemple, les textiles « antitaches », ou les revêtements antibactériens faits de nanoparticules d'argent), les nanostructures « actives » (comme les nano-vecteurs, capables de véhiculer une molécule/médicament jusqu'à l'endroit où elle doit agir), les nano-systèmes faits de structures en trois dimensions capables d'évolution en fonction des attentes de l'utilisateur, et enfin les nano-systèmes moléculaires, capables de « fonctions émergentes », qui font ici référence à des évolutions « intelligentes », voire à l'autoréplication.

Figure 1 : Les quatre générations des nanotechnologies présentées par Roco<sup>36</sup>



Face à une initiative comme celle de Roco, qui est, rappelons-le, à l'origine de la NNI, un de ses directeurs, et sans doute son plus ardent promoteur, on peut s'interroger sur la réalité des propositions faites. Y a-t-il une cohérence à regrouper ainsi les développements tout à fait concrets et actuels des sciences des matériaux, et les explorations futuristes qui touchent à la science-fiction ? Pour certains (pensons à la NanoBusiness Alliance), des propositions comme celle de Roco associent de façon artificielle les développements réels des nanotechnologies et des anticipations qui ont peu à voir avec la « vraie science » : qu'on parle donc des vrais travaux scientifiques, réclament-ils, plutôt que d'effrayer les

36. Le schéma, traduit ici en français par nos soins, est repris dans de nombreux rapports de la NNI et publications de Roco. Il est ici extrait d'une présentation de Roco à la NSF (M. Roco, « Frontiers in science and engineering. Nanotechnology at NSF », présentation donnée à la NSF, 11-12 janvier 2007) et cite la première publication académique dans laquelle il est paru (M. Roco, « Nanoscale science and engineering: unifying and transforming tools », *AIChE Journal*, 50(5) : 890-897, 2004).

foules avec des scénarios de science-fiction ! Pour d'autres au contraire (et Drexler est l'un deux), Roco trahit le sens des « vraies nanotechnologies », celles qui suivent l'esprit des *Engins de création*, celles qui annoncent une révolution industrielle faite de nanomachines et d'autoréplication : on ferait fausse route en associant les nanotechnologies aux vitres autonettoyantes et autres textiles antibactériens !

On retrouve là à propos des futurs développements des nanotechnologies le pendant des controverses, comme la discussion entre Smalley et Drexler, autour de l'histoire du domaine des nanotechnologies. Mais plutôt que de reprendre ces débats à notre compte et se dire qu'une initiative comme celle de Roco cherche à décrire la réalité des nanotechnologies, on doit considérer qu'elle contribue à la faire exister. En effet, le programme que proposent les quatre générations oriente les attributions de financement de la recherche en définissant une logique pour les appels à projets de la NNI. Roco présente ces quatre générations de nanotechnologies partout dans le monde dans des agences publiques de recherche, et contribue ainsi à réaliser ce futur des nanotechnologies non seulement aux États-Unis, mais dans la plupart des pays qui s'y intéressent. En France, les évolutions du programme nanotechnologies (PNANO) de l'Agence nationale de la recherche sont significatives : à partir de 2009, ce sont les nanosystèmes qui sont au centre du programme, qui s'appuyait jusque-là sur la distinction entre recherche fondamentale et recherche appliquée<sup>37</sup>. Pour le responsable du programme PNANO, cette évolution suivait la « logique du développement des nanotechnologies » telle que définie par Roco<sup>38</sup>.

Des outils comme celui de Roco rendent possible la gestion du futur des nanotechnologies précisément parce qu'elles sont davantage que des « visions du futur » détachées de la réalité des pratiques

37. Cette séparation était héritée de la répartition des tâches, au ministère de la Recherche, entre les anciennes Direction de la technologie et Direction de la recherche, avant la création de l'ANR en 2005.

38. Entretien avec l'auteur, Paris, mai 2009.

scientifiques. On doit donc considérer que c'est par des instruments comme les quatre générations de Roco qu'existent les nanotechnologies – à la condition de les prendre pour ce qu'elles sont, c'est-à-dire une politique scientifique en constitution, associant pratiques scientifiques dans les laboratoires et mécanisme d'orientation de la recherche.

### **Opérationnaliser le futur par les feuilles de route**

Aux quatre générations de nanotechnologies de Roco s'ajoutent de nombreux instruments de constitution du futur. L'un d'entre eux est la « feuille de route », ou *roadmap* suivant le terme anglais largement utilisé aujourd'hui. Un très bon exemple est celui de la « loi de Moore ». Moore observe en 1965 que la taille des composants électroniques diminue de façon régulière au fil du temps, et que leurs performances augmentent d'autant. Il en déduit une loi empirique qui postule que la taille des composants électroniques double tous les deux ans. Peter Miller et Tom O'Leary ont étudié de façon détaillée la mise en place de cette loi et sa traduction dans des *roadmaps* censées définir la trajectoire de l'industrie électronique. Ils montrent de façon très convaincante que les *roadmaps* sont des dispositifs qui permettent d'articuler technologies et économie : en inscrivant le développement technologique dans un cycle économique associé à des promesses de marché, ils orientent le développement du secteur technico-économique, qui en retour ajuste la *roadmap* au fil de réunions inter-professionnelles<sup>39</sup>. Les *roadmaps* servent aussi et surtout – et l'exemple de la loi de Moore le montre bien – à orienter les investissements en recherche et à organiser un marché. Par les *roadmaps*, le futur devient plus qu'un discours fondé sur des promesses<sup>40</sup> : il est opérationnalisé grâce à des instruments qui

39. P. Miller et T. O'Leary, « Mediating instruments and making markets: capital budgeting, science and the economy », *Accounting, Organization and Society*, 32 : 701-734, 2007.

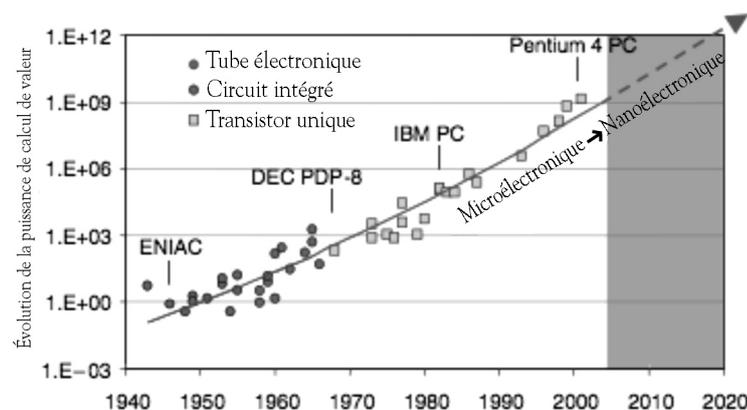
40. Tel que tend à le considérer un courant de recherche intéressé par la

permettent d'en faire un objet pour l'investissement privé et l'action publique.

La loi de Moore a été abondamment utilisée dans les discussions sur la politique scientifique des nanotechnologies. En mettant en scène le risque d'arrêt de la courbe ascendante, la référence à la loi de Moore montre la nécessité de l'investissement vers la nanoélectronique pour assurer la continuité de la courbe, et rend possible l'intégration de nouvelles communautés de recherche, par exemple l'électronique moléculaire<sup>41</sup>. C'est ce qu'on voit sur la figure ci-après, extraite du rapport *Small Wonders* d'évaluation de la NNI publié en 2002 et reprise du livre *The Age of Spiritual Machines* de Ray Kurzweil, qui trace la courbe de l'évolution de la puissance de calcul en fonction du temps. La courbe décrit l'évolution du tube électronique au circuit intégré, en passant par le transistor unique. Kurzweil la prolonge dans le futur vers la nanoélectronique, censée être la direction vers les « machines intelligentes ». La figure est un bon exemple de la façon dont le futur entre dans la politique nanotechnologies : un graphique mobilisé par un « futuriste » comme Kurzweil pour prophétiser de nouvelles ères technologiques – dans lesquelles l'espèce humaine se transforme et les machines deviennent pensantes – est repris dans un document d'évaluation d'une politique fédérale, de telle sorte que les projets financés soient coordonnés autour d'un objectif à atteindre : dépasser la limite des 10<sup>9</sup> opérations par seconde grâce à la nanoélectronique, et permettre ainsi la continuation de la croissance de la courbe.

« sociologie des attentes (*expectations*) » (voir Brow, Nick et Mike Michael, « A sociology of expectations: retrospectively prospecting and prospecting retrospectively », *Technology Analysis and Strategic Management*, 15(1) : 3-18, 2003).

41. Choi, Hyungsub et Cyrus Mody, « The long history of molecular electronics: microelectronics origins of nanotechnology », *Social Studies of Science*, 39 (11), 2009.

Figure 2 : La loi de Moore adaptée<sup>42</sup>

Nombreux sont les organismes qui mettent en place des *roadmaps*. Le Foresight Institute publie la sienne, qui met en avant, on s'en doute, les machines moléculaires. Des associations d'industriels font de même et, parce qu'elles touchent une large communauté d'entreprises, contribuent à faire exister les nanotechnologies dans le secteur privé en lien avec les initiatives de la politique scientifique.

Par exemple, la "R&D Roadmap for Nanomaterials by Design" est publiée en 2003 dans le cadre d'un partenariat intitulé *Chemical Industry Vision 2020* regroupant des industriels de la chimie, des institutions de recherche et des agences fédérales américaines. Cette feuille de route insiste sur la possibilité d'utiliser la recherche fondamentale en nanosciences pour assurer le développement d'applications industrielles.

La « R&D Roadmap for Nanomaterials by Design » associe étroitement recherche industrielle, recherche universitaire et

interventions des agences fédérales, à la fois dans le contenu de ses préconisations et dans les nombreux liens sur lesquels elle repose. Ainsi, Mihail Roco, le directeur de la *National Nanotechnology Initiative*, intervient devant les membres du projet établissant la *R&D Roadmap* pour discuter avec eux des liens entre l'initiative fédérale sur les nanotechnologies et les perspectives de l'industrie chimique américaine telles qu'elles seront dessinées dans la feuille de route.

À l'image de la NNI, la *R&D Roadmap* insiste sur la coopération à tous les niveaux du développement industriel entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée. Elle parle de « changement culturel dans les pratiques scientifiques et techniques » et met en avant les développements à encourager afin « d'extrapoler des propriétés (électriques, chimiques, structurales, toxicologiques et environnementales) depuis les conditions connues jusqu'à de nouvelles applications ». La *R&D Roadmap* assure ainsi une connexion entre la politique fédérale sur les nanotechnologies et les pratiques industrielles des acteurs privés.

En Europe, c'est aussi par des feuilles de route qu'est structurée la recherche en nanotechnologies. Les *roadmaps* concernent non seulement ce qui a trait au contenu des recherches à développer, mais aussi l'organisation de la recherche. À travers ces instruments, la recherche en nanotechnologies et le développement de leurs applications n'est pas pensé séparément d'une organisation de la recherche à mettre en œuvre, qui conjugue interventionnisme de l'institution européenne (*via* des programmes d'appel à projets inspirés par les feuilles de route) et délégation de la conduite de la recherche à des partenariats entre acteurs publics et privés. Les *roadmaps* institutionnalisent ainsi un mode de fonctionnement dans lequel les institutions publiques sont les pilotes d'un système de recherche distribué entre de nombreux acteurs.

42. Committee for the Review of the National Nanotechnology Initiative, *Small Wonders, Endless Frontiers. A Review of the National Nanotechnology Initiative*, Washington, DC., National Academy Press: p. 7, 2002.

### Une feuille de route européenne pour la nanomédecine

Après la publication en 2006 d'une « vision » pour la nanomédecine<sup>43</sup>, des parties prenantes de la recherche universitaire et industrielle européenne rassemblées dans le cadre d'une « plateforme européenne de technologie » soutenue par la Commission européenne ont produit un document proposant des *roadmaps* pour la nanomédecine<sup>44</sup>.

Ces *roadmaps* mettent en avant les systèmes d'imagerie, des outils de diagnostic et la possibilité de construire des nanovecteurs pour déposer les molécules de médicaments à l'endroit précis où elles sont nécessaires. Pour chaque application visée, la feuille de route définit des priorités de recherche, et des technologies à mobiliser. Elle décrit des problèmes à résoudre et les maladies qui pourraient être traitées si ces problèmes étaient résolus. Par exemple, elle identifie comme « application cible » les dispositifs de transport de médicaments dans le corps. Elle signale alors les « priorités clés en matière de recherche et développement » (par exemple la biocompatibilité des matériaux et des systèmes miniaturisés permettant le transport de doses adaptées), les technologies nécessaires (des « nanocapsules » par exemple), les « défis » à relever (comme la stabilité du dispositif) et les maladies cibles (cancer, diabète ou maladies cardiovasculaires)<sup>45</sup>.

La *roadmap*, établie par des chercheurs, des industriels et des membres d'administrations de la Commission européenne (notamment la DG Recherche), est une démarche de structuration de la recherche qui s'appuie sur le constat qu'une approche « menée par l'université ou par le *laissez-faire* serait inefficace ». Il s'agit donc d'identifier des domaines prometteurs associant recherche fondamentale et applications industrielles et commerciales, permettant de multiplier

« les partenariats publics/privés », afin de limiter le « soutien par l'argent public » et permettre le développement d'applications directement utilisables et donc commercialisables. Ainsi, les recommandations pour la conduite de la recherche ont trait non seulement au type de science à explorer, mais aussi à l'organisation de la recherche.

### Les nanotechnologies : une politique du futur

Plutôt que de déplorer l'omniprésence des discours prenant le futur pour objet et la « fausse image » qu'ils donneraient de la réalité des pratiques scientifiques, il est plus productif de considérer les liens entre ces discours (y compris la science-fiction) et la formulation des programmes nanotechnologies. On peut alors repérer des connexions entre les discours futuristes et les acteurs de la politique scientifique, et montrer ainsi l'opérationnalisation des discours du futur dans des instruments de gestion de la recherche (programmes de financement, et surtout feuilles de route). La construction de ces instruments fait appel aux contributions de scientifiques qui font remonter leurs attentes, à des promesses de développements futurs parfois proches de la science-fiction, à des principes d'organisation de la recherche (collaboration interdisciplinaire, partenariat universités-entreprises). En déterminant des financements et des appels à projets, ces instruments ont des effets sur la conduite des programmes nanotechnologies. Mais tous n'ont pas la même capacité de coordination et de création du réel. En fonction de la force du réseau dans lequel ils sont inscrits (la feuille de route est-elle connectée avec des opérateurs de la recherche universitaire et industrielle ? a-t-elle la capacité de déterminer des appels à projets et des financements de travaux de recherche ?), ils peuvent déterminer plus ou moins les évolutions de la recherche scientifique. Dans tous les cas, c'est par des instruments tels que les *roadmaps*, des programmes de financement, des choix de projets à soutenir, qu'une politique du futur est

43. European Technology Platform on Nanomedicine, *Vision Paper and Basis for a Strategic Research Agenda in Nanomedicine*, European Commission, Luxembourg, 2005.

44. European Commission & European Technology Platform on Nanomedicine, *Roadmaps in Nanomedicine. Towards 2020*, European Commission, Luxembourg, 2009.

45. *Ibid.* p. 30.

mise en place, qui participe directement à la constitution des nanotechnologies<sup>46</sup>.

## Intégrer la société dans les programmes nanotechnologies

### Organiser la recherche

La rhétorique des programmes nanotechnologies reprend d'ailleurs les thèmes des grands programmes scientifiques : après la conquête de la Lune, le temps est venu de la conquête de l'infiniment petit. Un conseiller du président Roosevelt, Vannevar Bush, annonçait à la suite de la Seconde Guerre mondiale que la science est une « frontière sans fin » à explorer<sup>47</sup>. Le titre d'un rapport d'évaluation de la NNI en 2002 – *Small Wonders, Endless Frontiers (Petits miracles, frontières sans fin)* – est un écho direct à ce credo, à l'origine en son temps de la création de la National Science Foundation. Les programmes nanotechnologies ne suivent pourtant pas le modèle des grands programmes scientifiques de l'après-guerre qui avaient trait soit à la réalisation d'un objectif particulier (la conquête de la Lune, ou, plus récemment, le décryptage du génome humain), soit, selon le modèle de V. Bush, au financement de la recherche fondamentale dans l'idée qu'elle aboutirait de façon naturelle à des applications industrielles, puis

46. On peut rapprocher en cela les nanotechnologies d'autres exemples de construction de la recherche scientifique par le biais de la politique de la science (voir van Lente, Harro et Arië Rip, "The rise of membrane technology: From rhetorics to social reality", *Social Studies of Science*, 28(2): 221-254, 1998). Des analyses existent au sujet des nanotechnologies, qui mettent clairement en évidence l'importance des thèmes venus de la science-fiction mais tendent malheureusement à repérer des discours sans se pencher sur les instruments de la politique de la science (voir Selin, Cynthia, "Expectations and the emergence of nanotechnology", *Science, Technology and Human Values*, 32(2) : 196-220, 2007).

47. Bush, Vannevar, *Science the Endless Frontier*, United States Government Printing Office, Washington, 1945.

à du progrès social<sup>48</sup>. Les programmes des nanotechnologies visent moins en effet à atteindre un but scientifique ou technologique défini qu'au développement de technologies transverses. En conséquence, la coordination se fait par appels à projets, et par le travail conjoint d'agences d'administration de la recherche. Il s'agit moins de contrôler directement le travail de grands laboratoires que de s'assurer que les infrastructures de recherche sont en place. Le ministère de la Recherche français lance ainsi en 2002 un programme de « grandes centrales technologiques » vouées à servir d'appui à la recherche pour les laboratoires. Aux États-Unis, le département de l'Énergie met en place à partir de 2006 cinq centres de recherche pour la « science de l'échelle nano » (*Nanoscale Science Research Centers*) : leurs laboratoires à atmosphère contrôlée (les « salles blanches »), leurs instruments de fabrication et leurs ressources informatiques sont conçus pour servir « d'infrastructure pour la recherche interdisciplinaire<sup>49</sup> ».

Les programmes des nanotechnologies ne se contentent pas pour autant de financer la recherche fondamentale en portant sur elle, et sur elle seule, les espoirs de développements industriels et sociaux. Ils insistent en effet sur l'interdisciplinarité, sur les connexions entre université et industrie, sur le dépôt de brevet et la création d'entreprises. Tous ces paramètres sont utilisés comme critères d'évaluation des projets financés par les programmes de soutien aux nanotechnologies, et d'objectifs à atteindre pour les programmes eux-mêmes. Ainsi, les politiques publiques de soutien à la recherche sont directement liées aux stratégies industrielles de développement des nanotechnologies. Les acteurs industriels sont impliqués dans la construction des instruments de la politique

48. C'est ce qu'on appelle le « modèle linéaire » de l'innovation. Benoît Godin a montré les liens de ce modèle avec les instruments de la politique scientifique en relativisant l'influence du rapport de Vannevar Bush dans sa mise en œuvre (Godin, Benoît, "The linear model of innovation. The historical construction of an analytical framework", *Science, Technology and Human Values*, 31(6) : 639-667, 2006).

49. *The National Nanotechnology Initiative Strategic Plan*, NNI, Washington DC : p. 18, 2007.

scientifique (qu'on pense aux ateliers préparatoires à la NNI ou aux colloques à l'issue desquels sont définies les feuilles de route). En retour, les stratégies des industriels croisent les politiques publiques de soutien aux nanotechnologies : les industries participent à des projets de recherche avec les universités, prennent des participation dans des *spin-offs*, montent des réseaux d'entreprises soutenus par des aides publiques<sup>50</sup>.

En cela, les nanotechnologies s'inspirent directement des sciences des matériaux – qui depuis les années 1960 et leur création en tant que discipline par l'administration américaine de la recherche<sup>51</sup> sont un champ hybride, qui associe étroitement avancées théoriques et développements industriels, qui touche à la physique et à la chimie, à la modélisation mathématique et à l'instrumentation technologique. Les programmes des nanotechnologies s'appuient sur les pratiques (scientifiques et organisationnelles) de recherche à l'œuvre dans les sciences des matériaux, et les rendent un peu plus nécessaires. Elles rencontrent souvent des politiques de développement territorial fondées sur le soutien aux collaborations entre recherche et université. C'est le cas en France où la création des pôles de compétitivité en 2005 a été une occasion de structurer la recherche en nanoélectronique avec la création du pôle Minalogic dans la région de Grenoble, en association avec Minatec, un centre majeur de recherche en micro et nanoélectronique lié au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Ces initiatives se traduisent directement dans le fonctionnement des laboratoires. On le voit bien dans le cas des laboratoires de micro et de nanoélectronique du CEA à Grenoble, dont les projets visent à relier comportement de la matière et propriétés spécifiques de l'échelle nanométrique.

50. On verra plus loin le cas d'une grande entreprise française de chimie, qui illustre parfaitement ces points (voir chap. 2).

51. B. Bensaude-Vincent, "The construction of a discipline. Materials science in the USA", *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 31 : 223-248, 2001.

Ainsi les nanotechnologies sont-elles tout autant un programme de recherche publique que de développement industriel, associant étroitement recherche fondamentale et recherche appliquée, laboratoires universitaires et industriels, incitation au développement de projets et coordination territoriale de la recherche.

#### **Micro et nanoélectronique dans les laboratoires du CEA à Grenoble**

Le sociologue Matthieu Hubert s'est intéressé à des laboratoires de micro et nanoélectronique au CEA à Grenoble<sup>52</sup>. À l'issue d'un travail ethnographique, il met en évidence le travail d'« hybridation » opéré par les chercheurs en microélectronique dans la production d'instruments de recherche qui mêlent héritage de l'équipement industriel et outil de recherche fondamentale. L'exemple de la gravure par plasma, dans un des laboratoires étudiés, montre que le travail sur la gravure va avec l'étude (qu'on pourrait qualifier de « recherche fondamentale ») des interactions entre le plasma et l'instrument qui contrôle sa stabilité. Ce mélange entre « recherche applicative » et « recherche fondamentale » se double d'arrangements institutionnels et organisationnels complexes : les instruments sont partagés entre laboratoires, dont certains dépendent de structures de recherche soutenues par des programmes de développement territorial qui associent recherche publique et industrie (c'est le cas du pôle de compétitivité Minalogic par exemple). La création du centre de recherche Minatec voué aux micro et nanotechnologies permet ainsi « l'articulation entre la recherche académique non localisée sur le site du CEA, les technologies de recherche de la « plate-forme technologique ouverte » et « la recherche appliquée du CEA<sup>53</sup> ». On voit ainsi s'articuler dans le laboratoire pratiques de recherche, modes d'organisation et nature des projets poursuivis.

52. M. Hubert, « Hybridations instrumentales et identitaires dans la recherche sur les nanotechnologies. Le cas d'un laboratoire public au travers de ses collaborations académiques et industrielles », *Revue d'anthropologie des connaissances*, n° 2 : 243-266, 2007.

53. Hubert, 2007 : 248. *op. cit.*, « Hybridations instrumentales et identitaires dans la recherche sur les nanotechnologies. Le cas d'un laboratoire public au travers de ses collaborations académiques et industrielles ».

### ***La convergence des technologies pour retrouver l'unité des sciences ?***

Tout autant que la coopération entre recherche et industrie, entre recherche fondamentale et développement d'applications, l'interdisciplinarité est un mot d'ordre des programmes nanotechnologies. Comme la science des matériaux avant elles, les nanotechnologies reposent sur des travaux de chimistes et de physiciens, auxquels s'ajoutent les contributions de nombreuses autres disciplines, dont la biologie. Mais avec les nanotechnologies, l'interdisciplinarité franchit un palier supplémentaire. Elle est en effet étroitement associée à la « convergence » des technologies. Telle qu'elle est définie par les promoteurs de la politique des nanotechnologies américaine, la convergence désigne le rapprochement censé être inéluctable entre nanotechnologies, biotechnologies, sciences de l'information et sciences cognitives. La convergence des technologies reprend et prolonge la lecture du passé et l'opérationnalisation du futur que proposent les nanotechnologies. Elle s'appuie sur la supposée nécessité de retrouver l'unité des sciences qui aurait prévalu lors des périodes les plus fécondes de l'histoire humaine. Pour Roco, la NNI qu'il dirige est rien moins que l'annonce d'une « nouvelle Renaissance » fondée sur la « compréhension de la structure et du comportement de la matière depuis l'échelle nanométrique jusqu'au système le plus complexe jamais découvert, le cerveau humain<sup>54</sup> ». Il ajoute ainsi à ses « quatre générations de nanotechnologies » une cinquième et dernière, les « technologies convergentes », faites « d'hybrides nano-bio-info-médical-cognitifs » : la convergence apparaît ainsi comme l'horizon téléologique et indiscutable du développement technologique<sup>55</sup>.

54. Roco, Mihail et William Bainbridge, *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Kluwer: 1, Dordrecht, 2003.

55. Voir l'analyse et la critique de la convergence effectuées par Bernadette Bensaude-Vincent (*Les Vertiges de la Technoscience. Façonner le monde atome par atome*, La Découverte, Paris: chap.6, 2009).

Les connexions entre disciplines sont au centre de cette démarche, en particulier celles qui concernent le travail sur le vivant et son utilisation en science physique. Les travaux d'un des promoteurs de la convergence des technologies, Carlo Montemagno, sont significatifs: en s'inspirant d'une « machine moléculaire » naturelle, l'ATPase, qui permet l'entrée d'éléments à travers la membrane cellulaire, Montemagno annonce au début des années 2000 la création de « *nanocopters* », des « hélicoptères nanométriques » qui utilisent comme moyen de propulsion un mécanisme similaire à celui de la « machine » naturelle<sup>56</sup>. Contrairement au contrôle purement mécanique des molécules tel que l'imaginait Drexler, il s'agit là de marier biologie et physique, phénomènes naturels et ingénierie. Ce « mariage » a des aspects divers. Dans une première approche, les phénomènes naturels peuvent être utilisés comme modèles à suivre pour construire des assemblages synthétiques. Ainsi, copier la nature peut passer par la volonté de reproduire avec des molécules de synthèse la capacité d'un brin d'ADN à s'assembler à un second brin qui lui correspond: il s'agirait donc de « bionanoconstruire depuis l'échelle la plus petite, en commençant avec les systèmes chimiques<sup>57</sup> ». Une seconde approche propose d'utiliser directement les phénomènes naturels, et en particulier les machines moléculaires naturelles comme l'ATPase, pour construire de nouveaux arrangements moléculaires, dont on attend à la fois de nouvelles propriétés et la possibilité du contrôle (par exemple, dans le cas du *nanocopter* le contrôle des mouvements). Dans les deux cas, les machines moléculaires sont un signe clair de ce que l'interdisciplinarité veut dire dans le programme de la convergence des technologies: ce ne sont pas deux

56. Pour une présentation des détails techniques voir Montemagno, Carlo et George Bachand, « Constructing nanomechanical devices powered by biomolecular motors », *Nanotechnology*, 10(3): 225.57, 1999.

57. N. C. Seeman & A. M. Belcher, « Emulating biology: building nanostructures from the bottom up », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2002, 99(2), 6451-6455. p. 6451. Cité par Matthew Kearnes (M. Kearnes, « Chaos and control: Nanotechnology and the politics of emergence », *Paragraph* 29(2): 57-80, 2006).

disciplines – biologie et physique ici – qui collaborent, mais une nouvelle approche qui est créée, dans laquelle les frontières entre disciplines ne sont plus pertinentes.

### ***Des implications sociales controversées***

Le programme de la convergence cherche à susciter l'émergence de nouvelles propriétés qui ont trait à la fois à des phénomènes naturels et à des phénomènes physiques, tout cela en vue d'objectifs clairement affirmés : la transformation de l'individu par « l'augmentation des performances humaines » et par là la transformation de la société elle-même. Un programme à visées si clairement révolutionnaires ne peut manquer de susciter des interrogations. Ses initiateurs ne s'y trompent pas, et s'interrogent explicitement sur ce que seront « les implications des technologies convergentes », dans l'objectif de développer une « stratégie transformationnelle<sup>58</sup> ».

Les nanotechnologies elles-mêmes sont dans un cas similaire : la NNI organise un premier atelier sur les implications sociales des nanotechnologies en 2001, d'autres suivront. Ces ateliers rassemblent scientifiques, hauts fonctionnaires, chercheurs en sciences sociales, autour de la question des « implications éthiques, légales et sociétales » des nanotechnologies, et donnent lieu à une série de publications<sup>59</sup>. Il faut voir dans ces initiatives la volonté d'associer la société entière au programme de développement. Leur objectif consiste à identifier à quel degré chaque secteur d'activité sera concerné par le développement des nanotechnologies, comment chaque individu pourra intervenir dans les évolutions technologiques futures, en tant que consommateur, utilisateur,

58. M. Roco et W. Bainbridge, 2003 :1.

59. M. Roco et W. Bainbridge (dir.), *Societal Implications of Nanotechnology*, Kluwer, Dordrecht, 2001 ; Roco, Mihail et William Bainbridge (dir.), *Nanotechnology: Societal Implications. Maximizing Benefits for Humanity*, report of the NNI workshop, Arlington, Dec 3-5, 2003, VA ; Roco, Mihail et William Bainbridge (dir.), *Nanotechnology: Societal Implications*, Springer, Dordrecht, 2007.

travailleur ou chercheur. Les implications sociales des nanotechnologies sont donc au départ considérées comme un pendant inhérent – et bienvenu – de la révolution industrielle annoncée : si on peut disposer d'outils de diagnostic efficaces et gratuits, alors le système de santé pourra certainement évoluer ; si les capacités de stockage des ordinateurs décuplent, alors l'organisation du travail s'en trouvera certainement modifiée. Dans tous les cas, il est nécessaire de se pencher sur les implications des nanotechnologies pour s'assurer que leur « potentiel » est exploité au mieux.

Mais à parler des « implications » de la révolution annoncée, les promoteurs de la politique scientifique américaine se retrouvent bien vite face à des questions qui n'ont rien pour soulever l'enthousiasme du grand public. Les nanomatériaux pourraient causer des risques sanitaires inédits. L'augmentation des capacités de stockage de l'information et la miniaturisation des composants électroniques pourraient ouvrir la voie à des dispositifs de traçage menaçants pour les libertés individuelles. Quant au discours grandiloquent sur la convergence des nanotechnologies, il suscite nombre d'interrogations sur les transformations promises de la société et de l'espèce humaine elle-même. Ces questions émergent au sein des ateliers organisés par la NNI. Elles sont aussi le fait d'interventions extérieures. Nous l'avons vu, l'article de Bill Joy, dans lequel le fondateur de *Sun Microsystems* se demande si le futur « a besoin de nous », paraît en 2000. En 2003, l'association canadienne ETC Group demande un moratoire sur les recherches sur les nanoproduits, en l'absence de résultat concluant sur leurs risques éventuels pour la santé humaine et pour l'environnement. En France, les projets de recherche grenoblois se heurtent dès le début des années 2000 aux actions du groupe Pièces et main d'œuvre, qui s'oppose moins à des applications potentiellement risquées qu'à un programme de développement visant à transformer la société entière.

### **Intégrer la question des implications sociales**

La question des « implications sociales » qui était au départ : « Quelles seront les conséquences des nanotechnologies ? Comment s'assurer du développement du potentiel ? » devient ainsi : « Quels seront les problèmes causés par les nanotechnologies et comment les traiter ? ». Le décalage est immédiat : à peine la NNI se penche-t-elle sur les « implications sociales des nanotechnologies » qu'il survient. Car en annonçant le bouleversement des modes de production industrielle et la transformation de la société comme de l'individu, le discours et les instruments du futur qui constituent les nanotechnologies portent en eux leur transformation en problèmes publics.

Ainsi reformulée, la question des implications sociales est aussitôt intégrée dans les programmes nanotechnologies. Il est rapidement admis dans les cercles de la politique scientifique que les nanotechnologies doivent prendre en compte leurs impacts éventuels : cette spécificité devient même un de leurs traits caractéristiques. Contrairement à d'autres secteurs technologiques avant elles, les nanotechnologies seraient une opportunité de s'assurer de la gestion des impacts de façon à minimiser les risques éventuels et contrôler les problèmes éthiques qui pourraient survenir<sup>60</sup>. Bien plus, c'est même par cette démarche que le succès des nanotechnologies serait garanti. La prise en compte des impacts permettrait de s'assurer du soutien du grand public, et d'accroître encore l'association entre disciplines, en faisant collaborer la toxicologie et les sciences des matériaux pour tirer partie des propriétés des nanomatériaux, les sciences humaines et les sciences physiques pour explorer les implications des développements technologiques (voir un exemple dans l'encadré ci-contre).

60. M. Roco, "Broader societal issues of nanotechnology", *Journal of nanoparticle research*, vol.5, n° 3, pp.181-189, 2003.

### **Les « implications » intégrées dans la recherche en nanotechnologies**

Le Center for Biological and Environmental Nanotechnology (CBEN) de l'université Rice, l'université du chimiste Richard Smalley et du conseiller de Bill Clinton Neal Lane, est créé en 2001 dans le cadre de la NNI. Comme le raconte l'anthropologue Christopher Kelty<sup>61</sup>, l'initiative vient de Vicky Colvin, une chimiste dont les interventions publiques sur les nanotechnologies se multiplient depuis le début des années 2000, et de Mark Wiesner dont le travail cherche à mettre à profit les nanomatériaux pour des applications environnementales. La recherche au CBEN consiste à évaluer l'usage environnemental de certains nanomatériaux, pour construire par exemple des filtres à eau peu coûteux et efficaces pour la dépollution. Elle s'associe à des études toxicologiques sur les risques sanitaires potentiels des nanomatériaux utilisés. Compte tenu des conditions de stabilité variables (les particules peuvent s'agglomérer, leur comportement en milieu naturel est incertain), de l'instrumentation nécessaire pour travailler avec des substances de très petite taille, des possibilités de réaction avec d'autres espèces chimiques, ce travail impose un effort de caractérisation des substances, ce qui relève autant de la science des matériaux que de la toxicologie. L'association entre les deux disciplines conduit le CBEN à explorer dans le même temps – celui de la caractérisation des propriétés des matériaux – les usages possibles pour contribuer à des opérations de dépollution et les « impacts » induits par les effets toxicologiques. En 2003, le CBEN et le chimiste DuPont entrent en contact et commencent à travailler sur un projet commun qui aurait trait à la toxicité des nanoparticules. Un « conseil international » est mis en place, l'International Council on Nanotechnology, plate-forme pour la mise en commun des études toxicologiques et des évolutions de la régulation sur les nanomatériaux. Par ailleurs, la recherche au CBEN va avec un travail de diffusion de l'information auprès du grand public, qui se traduit par l'organisation de conférences

61. C. Kelty, "Allotropes of fieldwork in nanotechnology", in F. Jotterand (dir.) *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*, Springer: 157-180, Dordrecht, 2008.

publiques, de cafés scientifiques et de visite de sites. Le CBEN illustre ainsi parfaitement l'intégration des implications de la recherche dans la recherche elle-même, les collaborations entre acteurs qui vont avec cette intégration et, dans le même temps, la volonté d'associer le grand public à cette démarche.

La prise en compte des effets induits des nanotechnologies émergent aux États-Unis comme ailleurs. Le plan d'action de l'Union européenne sur les nanotechnologies publié en 2004 annonce « l'intégration de la santé, de la sécurité et des aspects environnementaux dans le développement technologique des nanosciences et nanotechnologies ». Il prévoit que soient examinées les « éventuelles questions éthiques » qui concerneraient « les interventions non thérapeutiques sur le corps humain ou la violation de la vie privée par des capteurs invisibles ». En effet, « l'intégration de considérations éthiques, de la recherche innovante et des sciences sociales dans la recherche et développement sur les N & N contribuera à créer un climat de confiance pour la prise de décision sur la gestion des N & N<sup>62</sup> ». Les rencontres annuelles *Safety for Success* seront ensuite organisées à partir de 2004, tandis que plusieurs projets de recherche européens seront financés pour étudier les risques toxicologiques des nanomatériaux, ou pour travailler sur les questions éthiques des nanotechnologies. En France, la question des impacts sociaux des nanotechnologies est directement posée en 2004 dans un rapport écrit pour le Conseil général des mines par le philosophe Jean-Pierre Dupuy et par Françoise Roure<sup>63</sup> : les auteurs proposent une approche qui connecte la stratégie de politique industrielle, la politique de recherche, et la prise en compte des risques et des implications éthiques.

62. European Commission, *Nanotechnology Action Plan*: 9, 2004.

63. J.-P. Dupuy et F. Roure, *Nanotechnologies : Éthique et Prospective Industrielle*, Conseil général des mines et Conseil général des technologies de l'information, 2004.

### ***L'enrôlement des sciences sociales et du public dans les programmes de recherche***

Une des conséquences de la volonté de prendre en compte les impacts des nanotechnologies est l'intégration des sciences sociales dans les programmes de recherche. Dès les premiers appels à projets de la NNI, les chercheurs en sciences humaines sont concernés : le programme fédéral américain attend des éthiciens, des philosophes, des économistes qu'ils étudient les implications sociales des nanotechnologies. Dans les nanotechnologies, en effet, l'interdisciplinarité doit être le fait de *toutes* les disciplines, et donc des sciences humaines aussi bien que de la physique, de la chimie ou de la biologie. Il est nécessaire de proposer des modèles économiques pour les entreprises qui vont se lancer dans le secteur, de mener des études d'opinion pour comprendre comment est perçue la révolution qui s'annonce, de développer des investigations philosophiques pour identifier les problèmes éthiques qui menacent de se poser.

En cela, les nanotechnologies reprennent et prolongent les programmes technologiques plus anciens. Les biotechnologies et en particulier le projet américain de déchiffrement du génome humain *Human Genome Project* ont été marqués dans les années 1990 par l'insistance mise sur l'examen des aspects « éthiques, sociaux et légaux ». On parle depuis des ELSA (*ethical, legal and societal aspects*), ou des ELSI (*ethical, legal and societal implications*). Mais à la différence du *Human Genome Project*, c'est « l'intégration » et non pas l'analyse extérieure qui est visée. Le *Nanotechnology Act* signé par George Bush en 2003 définit les financements fédéraux dans les nanotechnologies et annonce que l'étude des implications sociales doit être « intégrée » aux programmes scientifiques. L'Europe et la France ne sont pas en reste et insistent sur le soutien à des projets en sciences sociales.

À l'intégration des sciences sociales s'ajoute un intérêt pour l'implication du « public ». Le *Nanotechnology Act* prévoit que ses « apports », comme ceux des chercheurs en sciences sociales, soient « intégrés » dans les programmes nanotechnologies. En Europe,

le « dialogue efficace entre toutes les parties prenantes » est considéré comme une nécessité afin de « diriger les développements dans une voie qui préserve la société de leur incidence négative<sup>64</sup> ». La France, où avaient déjà été organisés à la Cité des Sciences en janvier 2007 deux jours de présentation de divers dialogues publics, est le premier pays à organiser un « débat national » sur les nanotechnologies en 2009.

Ainsi, du « grand public » viendront des consommateurs intéressés par les nanoproducts, des étudiants pour alimenter les projets futurs, des travailleurs qualifiés pour assurer le passage à l'industrie des nanotechnologies, mais aussi des citoyens intéressés susceptibles de débattre des nanotechnologies et de leurs implications. Le foisonnement des initiatives dites « participatives » au sujet des nanotechnologies doit être analysé en tant que tel. Nous y reviendrons plus loin dans cet ouvrage. On peut souligner à ce stade qu'au prix d'une incertitude permanente sur ce qui est attendu de leur part, le « public » comme les sciences sociales deviennent parties intégrantes de la politique des nanotechnologies.

### **Un thème dominant : l'innovation responsable<sup>65</sup>**

Pour certains acteurs de la politique scientifique, science, industrie et société doivent agir de concert pour faire advenir le potentiel des nanotechnologies, dont le développement est censé être inéluctable. Cela suppose de mettre en place des programmes de formation pour les futurs chercheurs et ingénieurs, des campagnes d'information pour s'assurer que les consommateurs comprennent l'intérêt des nanotechnologies et n'en rejettent pas les applications. Le travail des sciences humaines est central ici : il s'agit de comprendre quels sont les ressorts de la compréhension sociale du changement technique, pour éventuellement intervenir sur

64. *Nanotechnology Action Plan*, 2004 : 9.

65. B. Laurent et E. Fisher, "Integration discourses. Neo-determinism, Reflexivity and the mainstreaming of science studies", Arizona State University Working Paper, 2009.

les leviers ainsi identifiés. Certains spécialistes de communication proposent ainsi d'identifier les « filtres » à travers lesquels les individus perçoivent le réel, afin de mieux adapter le discours explicatif. La position prend parfois les dehors d'une véritable ingénierie sociale, en particulier dans les écrits de William Bainbridge, sociologue des religions et co-auteur avec Mihail Roco de deux rapports sur les technologies convergentes : il faut faire en sorte d'analyser les « phénomènes mentaux » (comme l'acceptation ou non d'une technologie) pour pouvoir les manipuler comme on manipule le génome. On voit bien que dans cette perspective, la science et la société sont des réalités fixes : les nanotechnologies vont arriver, il faut faire en sorte de préparer une société faite de groupes figés dont les attentes et les craintes sont identifiables.

Pour d'autres au contraire, il est primordial de mettre en place des dispositifs délibératifs au sein desquels seraient discutées les attributions de financement pour des projets de recherche, ou bien les principes de la régulation de nouveaux produits. Il s'agit ici de s'assurer de la construction réflexive et délibérative des technologies et de leurs utilisations potentielles. C'est l'approche qui préside aux travaux du *Center for Nanotechnology in Society*, un centre de recherche de l'université de l'Arizona financé par la NSF à la suite du *Nanotechnology Act*. Dans cette perspective, on considère que la science et la société évoluent de concert. Les chercheurs en sciences sociales sont censés mettre en place des dispositifs de travail en commun entre scientifiques et citoyens, entre sciences physiques et sciences sociales, pour que cette co-évolution soit réflexive et délibérative.

Entre la position du déterminisme technologique et celle de la coconstruction se déploie le discours imprécis, et largement majoritaire, de l'innovation responsable. Pour l'innovation responsable, il existe des « risques » et des questions éthiques inhérents aux nanotechnologies comme à tout domaine scientifique, il s'agit de les anticiper et de faire en sorte de les « limiter » afin de « maximiser les bénéfices ». Dans cette optique, il importe de s'intéresser à des publics divers : des « parties prenantes » (dont les

interventions devront être, comme le dit Roco lui-même, « sobres », et sans les « hyperboles » qui pourraient « perturber le débat<sup>66</sup> », et le « grand public » qui doit être tenu informé des possibles « implications » des nouvelles technologies. Intermédiaires entre une science et une société évoluant chacune de leur côté, les chercheurs en sciences sociales doivent organiser les dispositifs de discussion, et contribuer à l'identification de ces implications.

L'innovation responsable est souvent perçue comme une condition nécessaire à la possibilité du développement scientifique et économique. Vague et consensuel, le discours de l'innovation responsable ne peut être analysé sans se pencher sur les instruments qu'il mobilise : quelles sont les méthodes de gestion des risques ? Comment sont posés les problèmes éthiques ? Comment se traduit la volonté de « dialoguer avec le public » ? Ces questions feront l'objet des chapitres suivants.

## Quelques conséquences pour l'étude des nanotechnologies

### *Une politique scientifique globale*

Dans une étude sur l'histoire de la recherche française de l'après-guerre, l'historien François Jacq parle « d'énoncé collectif » pour désigner la politique scientifique comme une configuration faite de modes d'organisation, d'outils de coordination et de pratiques scientifiques<sup>67</sup>. À l'issue de ce chapitre, il faut conclure que les nanotechnologies sont une politique scientifique, et un « énoncé collectif » dans le sens le plus fort qui puisse être accordé à l'expression. Elles associent une lecture du passé et une vision du

66. Toutes ces expressions sont présentes (en anglais) dans Roco, Mihail et William Bainbridge (dir.), *Societal Implications of Nanotechnology*, Kluwer, Dordrecht, 2001.

67. F. Jacq, *Pratiques scientifiques, formes d'organisation et représentations politiques de la science dans la France d'après-guerre. La politique de la science comme énoncé collectif (1944-1962)*, thèse de doctorat, Paris, École des mines, 1996.

futur s'appuyant sur des instruments de coordination de la recherche. Elles sont inséparables d'évolutions de méthodes et de pratiques scientifiques, et d'une instrumentation technologique sophistiquée. Elles vont avec des modes d'organisation de la recherche. Elles sont censées bouleverser l'ensemble des secteurs économiques et sociaux, mais elles contiennent leurs propres implications et les modalités de leur traitement. Les nanotechnologies sont donc une politique scientifique *globale* : elles visent à transformer la société en l'associant toute entière à un projet de développement et aux conséquences de celui-ci. Elles constituent un programme de développement censé concerner la société entière, qui serait capable de prendre en charge ses propres implications, en s'assurant par là du soutien des populations, et de l'intégration encore plus grande entre disciplines (sciences sociales et toxicologie rejoignant physique, chimie, biologie et informatique dans l'exploration du nanomonde).

Néanmoins, les dimensions de ce programme global ne sont pas rigides. L'histoire officielle des nanotechnologies est contestée : son interprétation prête à controverse – la discussion entre Smalley et Drexler est là pour nous le rappeler. Les visions du futur elles-mêmes, si elles ont été à l'origine de l'intérêt des acteurs de la politique scientifique (en particulier américaine), sont discutées. Des critiques des nanotechnologies insistent sur les insuffisances de gestion des risques sanitaires. Les Européens répondent à l'objectif d'amélioration des performances individuelles caractéristiques du programme américain de la convergence par un objectif de solidarité sociale assignée au développement technologique<sup>68</sup>. Des chercheurs dénoncent la faible participation de la recherche en sciences sociales<sup>69</sup>.

68. A. Nordmann (dir.), *Converging Technologies for the European Knowledge Society*, European Commission, Brussels, 2004.

69. I. Bennet et D. Sarewitz "Too little too late: research policies on the social implications of nanotechnology", *Science as Culture* 15(4): 309-324, 2006.

Le caractère global des nanotechnologies fait que leurs programmes peuvent prétendre intégrer les voix discordantes en les faisant s'exprimer au titre de « l'étude des implications » et du « dialogue avec le public ». Quel que soit alors le résultat de ces interventions, les nanotechnologies s'en trouvent davantage solidifiées. C'est toute la difficulté de la position des sciences sociales : en s'affirmant comme partenaires privilégiées, elles deviennent partie intégrante des nanotechnologies et risquent donc de voir leur intervention contribuer à solidifier un peu plus la politique globale qui est celle des nanotechnologies. Dans les chapitres qui vont suivre, la question de la distance critique apparaîtra à plusieurs reprises, notamment lorsqu'on se penchera sur des groupes opposés au programme global des nanotechnologies, et sur la gestion de l'intégration de leur point de vue dans des dispositifs participatifs sur les nanotechnologies.

### **Échapper à la dichotomie “hype/hope”**

Pour certains observateurs, les promesses fantastiques des nanotechnologies exigent d'effectuer un travail de clarification. Un chercheur de l'université de Caroline du Sud, David Berube, en fait le sujet de son ouvrage sur les nanotechnologies<sup>70</sup>. Son seul objectif est de démêler ce qui relève du discours et ce qui relève de la réalité des pratiques. Pour lui, il faut établir « la vérité derrière le *buzz* des nanotechnologies », en distinguant le *hype* – ce qui a trait à l'effet de mode, à l'emballage médiatique – du *hope*, l'espoir légitime, fondé sur des applications qu'il est raisonnable d'envisager à partir des recherches existantes. La dichotomie entre *hype* et *hope* est doublée de l'opposition entre *la* nanotechnologie et *les* nanotechnologies. Le singulier est privilégié dans les textes de la politique scientifique américaine, soulignant par là que *la* nanotechnologie est un programme plutôt qu'un ensemble d'applications technologiques. En France, c'est toujours de nanotechnologies, au pluriel, dont on parle. Les acteurs publics français

sont d'ailleurs attentifs à distinguer les différents secteurs d'applications concernés. Il n'est pas rare d'entendre un responsable ou un chercheur s'emporter devant l'usage intempestif du mot « nanotechnologies », et réclamer qu'on parle de « nanomatériaux » ou de « nano-électronique ». Pour ces derniers, parler de « nanotechnologie » au singulier ne peut que cacher la réalité des pratiques scientifiques en rassemblant de façon artificielle un ensemble de domaines, qui seraient unis seulement par une vision du futur.

Poser la discussion en termes d'opposition *hype/hope* ou nanotechnologie/nanotechnologies amène à se pencher sur des listes d'applications « réelles », par opposition aux projets qui seraient futuristes. Ces approches ont l'apparence du bon sens. Mais ce que nous apprennent les pages précédentes, c'est que la caractéristique principale des nanotechnologies est d'être une politique scientifique globale. En cherchant à distinguer « les applications réelles » des « discours du futur », on s'interdit de rendre compte de sa dynamique : celle qui passe par la mobilisation d'instruments de politique scientifique, qui articulent visions du futur, développements technologiques en cours, anticipation des « implications », et volonté d'intégration de la société. Ainsi, plutôt que de rechercher la « réalité » des nanotechnologies opposée à son « mythe », il est plus pertinent de se demander comment les nanotechnologies en tant que politique scientifique globale sont contruites et traitées en démocratie. Cette question va nous conduire à nous interroger sur l'anticipation des risques sanitaires et des questions éthiques, sur les ressorts de la décision publique et sur les modes d'implication de différents acteurs, scientifiques comme associations, industriels comme grand public.

Elle impose, si on veut éviter les dichotomies improductives, de ne pas définir *a priori* les nanotechnologies mais de décrire comment elles s'incarnent dans des instruments tels des standards, des feuilles de route, des méthodes de gestion du risque ou de dialogue avec le public.

70. D. Berube, *Nano-Hype. The Truth Behind the Nanotechnology Buzz*, Prometheus Books, Amherst, NY, 2006.

## 2. Des risques sanitaires au cœur des débats politiques

### Nouvelles propriétés, nouveaux risques ?

On trouve à l'heure actuelle dans de nombreux produits de consommation des substances chimiques dont les propriétés sont liées à la taille nanométrique de leurs composants. Convenons pour l'heure de désigner ces objets par l'expression « substances nano » – nous verrons que définir de façon précise ces substances est un enjeu majeur. Sans être exhaustif, on peut lister quelques-uns d'entre eux :

– Les *nanotubes de carbone* sont des fibres faites d'atomes de carbone dont le diamètre est nanométrique. Intégrées dans des matériaux, elles permettent d'augmenter les propriétés de résistance, tout en limitant le poids de l'ensemble, ce qui leur confère un intérêt pour la construction, ou encore pour l'aéronautique. Parmi les autres composés carbonés, on peut mentionner les *fullerènes*, qui sont des assemblages d'atomes de carbone en forme de ballon de football.

– Des *nanocristaux semi-conducteurs*, les “*quantum dots*”, peuvent être utilisés dans une gamme d'applications allant de l'énergie photovoltaïque à l'imagerie médicale de précision (en rendant

« lumineuse » une cellule qu'on peut ensuite suivre dans l'organisme).

– Le *dioxyde de titane* est utilisé comme opacifiant dans des pigments depuis de nombreuses années. Ses propriétés intensifiées à l'état nanométrique le rendent attractif pour entrer dans la composition de produits cosmétiques ou de peintures. Il est aujourd'hui largement utilisé dans ces secteurs, ainsi que dans l'industrie agroalimentaire où, inséré dans des emballages, il peut assurer une protection contre les rayons ultraviolets.

– Les *nanoparticules d'argent* ont des effets antibactériens qui les rendent intéressantes dans les produits médicaux, ou encore dans des emballages alimentaires – des applications qui ont donné lieu au dépôt de plusieurs brevets.

On pourrait continuer la liste, parler des nanoparticules d'or – qui en solution sont rouges, de la nanosilice, qui forme des agrégats utilisés dans l'industrie agroalimentaire pour assurer la tenue de certains produits comme les yaourts, ou encore des nanoparticules de fer, de zinc ou de magnésium utilisées dans des domaines allant de la santé aux matériaux de pointe. Certaines de ces substances sont utilisées depuis des années, mais voient leur utilisation en croissance du fait du développement des procédés industriels de production. D'autres ont fait l'objet d'avancées scientifiques déterminantes. La découverte des fullerènes par exemple a valu le prix Nobel de chimie à ses auteurs.

Les substances nano sont intégrées dans les programmes de la politique sur les nanotechnologies (au prix, on l'a vu, de controverses sur la nature légitime des nanotechnologies). Elles constituent le premier niveau de la feuille de route de Roco et, dans la définition des programmes scientifiques, elles sont censées offrir une large gamme d'applications prometteuses, notamment dans les domaines des énergies renouvelables, des matériaux, ou de la santé. Mais la présence de nouvelles propriétés pose la question d'éventuels effets non désirés : si ces substances sont plus efficaces, leurs risques toxicologiques ne sont-ils pas, dans le même temps,

accrus ? Si l'effet biocide du nano-argent est supérieur à celui du même composé dans un état « non-nano », n'est-il pas logique de soupçonner des effets toxicologiques augmentés ? Si la structure en fibres de diamètre réduit rend l'utilisation des nanotubes de carbone intéressante pour nombre d'applications, elle évoque celle des fibres d'amiante et fait donc craindre des risques similaires pour les travailleurs. On envisage d'utiliser des nanoparticules pour délivrer des médicaments directement dans le cerveau en utilisant leur capacité à traverser la barrière hémato-encéphalique (c'est-à-dire du sang à la « substance grise » qui compose les tissus cérébraux)<sup>71</sup>. Mais si la traversée de la barrière hémato-encéphalique est possible, alors on peut s'interroger sur d'éventuels effets non désirés des nanoparticules sur le cerveau<sup>72</sup>. De même, la capacité du dioxyde de titane à réagir à la lumière pourrait faire de la variété nano de cette substance un candidat intéressant pour améliorer les cellules photovoltaïques<sup>73</sup>, mais c'est cette même réactivité qui fait craindre que le dioxyde de titane à l'état nano utilisé dans les cosmétiques n'ait des effets toxicologiques potentiellement dommageables<sup>74</sup>.

Ces questions n'échappent pas aux promoteurs des nanotechnologies. L'innovation responsable affirme ainsi la nécessité de « prendre en compte les risques », de les « minimiser » afin de « maximiser les bénéfices ». La politique scientifique des nanotechnologies est d'autant plus poussée à « prendre en compte les risques » des substances nano que des ONG font entendre leurs craintes. Dès 2003, l'organisation canadienne ETC Group appelle

71. Lockman *et al.*, "Nanoparticle technology for drug delivery. Across the blood-brain barrier", *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 28(1) : 1-12, 2002.

72. Kim *et al.*, "Toxicity and Tissue Distribution of Magnetic Nanoparticles in Mice", *Toxicological Sciences*, 89(1) : 338-347 (circulation des nanoparticules dans l'organisme), 2005.

73. Carp *et al.*, "Photoinduced reactivity of titanium dioxide", *Progress in Solid State Chemistry*, 32 (1-2) : 33-177, 2004.

74. Lu *et al.*, "Nano titanium dioxide photocatalytic protein tyrosine nitration: A potential hazard of TiO<sub>2</sub> on skin", *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 370(4): 675-680, 2008.

au moratoire des nanoproducts. Suit une série de rapports de l'association Friends of the Earth, qui met en avant la présence de substances nano dans les cosmétiques<sup>75</sup>, dans l'alimentation<sup>76</sup>, et s'interroge sur les risques posés par les nanoparticules d'argent<sup>77</sup>.

Les risques sanitaires éventuels des substances nano pourraient effectivement concerner un grand nombre de personnes, en particulier les travailleurs et les chercheurs qui entrent en contact quotidien avec ces substances. La présence de substances nano dans de nombreux produits de consommation courante touche aussi directement le grand public. À cela s'ajoutent des risques potentiels pour l'environnement car si des substances chimiques dangereuses venaient à s'introduire dans les écosystèmes au cours des procédés de fabrication ou après la dégradation de produits contenant des substances nano, leurs effets sur les milieux naturels pourraient se révéler désastreux.

## Traiter les risques potentiels des substances nano

### *L'étiquette « nano » fait-elle vendre ou fait-elle peur ?*

Les industriels sont directement concernés par les risques potentiels des substances nano. Dans les chaînes de production, les travailleurs sont en contact avec ces substances, les entreprises vendent des produits mis sur le marché auxquels sont exposés les consommateurs, et qui, une fois dégradés, rejettent leurs composantes dans l'environnement.

À un premier niveau, une des questions qui se posent aux industriels a trait à la nécessité de communiquer ou non à propos des substances nano. En effet, le libellé « nano » peut être un argument marketing (qui a trait à la recherche de pointe, de faible

consommation de matière, de précision et d'efficacité), ou à l'inverse, un risque commercial si « nano » devient synonyme de risque. Certaines entreprises ont su adapter leurs stratégies de présentation : ainsi, l'Oréal fait disparaître le label « nano » de certains de ses produits alors que les risques des nanomatériaux deviennent un sujet de discussion publique.

Les administrations jouent un rôle dans ce jeu autour du label « nano ». Prenons l'exemple du nanoargent. Pour nombre d'entreprises commercialisant des additifs alimentaires, des tissus antibactériens ou des produits hygiéniques, l'ajout de nanoparticules d'argent est en effet devenu un argument de vente. Un cas typique à cet égard est celui de Samsung. L'entreprise coréenne commercialise à partir de 2005 aux États-Unis des machines à laver qui revendiquent un usage du « nanoargent » (Samsung dépose la marque « Silver Nano ») comme agent biocide puissant : le produit libère par électrolyse d'argent métallique des ions argent dont l'action antibactérienne est présentée par l'entreprise comme une innovation majeure. Plusieurs ONG réclament alors à l'Environmental Protection Agency (EPA, l'agence fédérale américaine en charge de l'environnement) une déclaration comme pesticide<sup>78</sup>. Après plusieurs mois de délai, l'agence publie une clarification de sa position sur les « appareils produisant des ions argent<sup>79</sup> ». Ce court texte vise directement les produits proposés par Samsung en expliquant que l'EPA considère que les appareils produisant des ions argent sont considérés comme des pesticides et sont donc sujets à déclaration dans le cadre de la réglementation américaine des pesticides. L'EPA précise cependant qu'il ne s'agit là en aucun cas « d'une réglementation des nanotechnologies » mais simplement d'une clarification de son approche de la réglementation des

75. *Nanomaterials, Sunscreens and Cosmetics: Small Ingredients, Big Risks*, Friends of the Earth, mai 2006.

76. *Out of the Laboratory and on to our Plates: Nanotechnology in Food and Agriculture*, Friends of the Earth, mars 2008.

77. *Nano and Biocidal Silver*, Friends of the Earth, juin 2009.

78. "Registration of Nanosilver as a pesticide Under FIFRA", lettre du NRDC à Jim Jones, directeur de l'*Office of Pollution Prevention de l'EPA*, 22 novembre 2006.

79. EPA, "Pesticide Registration. Clarification for ion-generating equipment", 2007, *Federal Register*, 21 septembre (Volume 72, N° 183), 2007.

pesticides, c'est-à-dire d'une interprétation de la législation existante. Silver Nano est en effet une marque qui n'est pas liée à la taille effective des particules utilisées<sup>80</sup>. L'EPA doit se pencher à nouveau sur le cas des nanoparticules d'argent lorsque des associations locales de défense de l'environnement portent à la connaissance de son antenne californienne l'existence d'une entreprise produisant des claviers d'ordinateur censés être antibactériens du fait d'un revêtement à base de nanoparticules d'argent. L'EPA réagit en imposant une amende de 208 000 dollars pour manquement à la déclaration d'un pesticide<sup>81</sup>. Plusieurs ONG relèvent qu'à la suite de cette condamnation, certaines entreprises font disparaître des communications sur leurs produits les éléments qui pourraient indiquer qu'ils contiennent des pesticides (*pesticide claims*) – sans qu'on sache si ces produits contenaient ou non des nanoparticules.

Ces exemples illustrent bien le problème de « l'affichage nano », dont la signification est détachée du produit lui-même. C'est toute l'ironie de l'appel à la régulation des produits comme pesticide sur la base de leur « *nano-claim* » : en défendant la réglementation des étiquettes, on entraîne la disparition de celles-ci, qui étaient les seules informations disponibles. On voit bien aussi le problème des inventaires de « nanoproduits » fondés sur les déclarations publiques des industriels, qui ne résout évidemment pas le problème de la signification du label « nano ».

Il est possible d'interpréter ce problème en arguant de la mauvaise foi des industriels, qui utiliseraient ou non l'argument des nanotechnologies en fonction de leurs intérêts commerciaux (« l'étiquette nano fait-elle vendre ou fait-elle peur ? »), et ce indépendamment de ce que contiennent vraiment leurs produits. Ne

80. La marque existe toujours. Une présentation commerciale est disponible à l'adresse suivante : [www.samsung.com/au/silvernano/](http://www.samsung.com/au/silvernano/)

81. In the Matter of: ATEN Technology, Inc. d/b/a IOGEAR, Inc., Docket no. FIFRA-09-2008-0003, *Consent Agreement and Final Order Pursuant to Sections 22.13 and 22.18*, 27 février 2008.

suffirait-il pas alors d'exiger qu'ils informent le consommateur et l'administration de la présence éventuelle de substances nano dans leurs produits ? S'il est difficile d'évaluer la mauvaise volonté des industriels pour repérer les substances nano, on peut en revanche facilement identifier les difficultés auxquelles ils se heurtent pour effectuer ce repérage. Le problème d'information se pose en effet tout autant pour les industriels que pour les gouvernements ou les consommateurs : en tant que clients de ses fournisseurs, un industriel peut acheter des matières premières contenant des substances nano, mais l'ignorer. Au cours des procédés de fabrication eux-mêmes, des substances nano peuvent être utilisées sans être repérées en tant que telles – ce sont en effet les propriétés qui intéressent l'industriel et non pas leur caractère « nano ». Bien plus, le problème fondamental du repérage des substances nano a trait à la difficulté à les faire exister en tant que substances chimiques en les distinguant de leurs équivalents « non nano ».

### *Le problème de l'existence des substances nano*

La distinction entre des substances est un travail de chimistes, qui repose sur la mobilisation de classifications (par exemple, celle de Mendeleïev pour les éléments chimiques), et des méthodes instrumentées d'identification. Quand l'industrie est concernée, elle est aussi une affaire de régulateurs et de juristes : pour imposer des mesures d'action publique sur des substances (contrôler les quantités rejetées, limiter l'exposition d'une population, étiqueter des produits), il est nécessaire de définir dans le droit leur identité. C'est ainsi que les textes réglementaires définissent ce qu'est une substance « existante ». En Europe, la directive REACH (enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques, suivant l'acronyme anglais) considère que deux substances sont distinctes si elles ont des formules chimiques différentes, ou bien des « paramètres physiques » distincts<sup>82</sup>. C'est cette dernière

82. European Chemicals Agency, *Guidance for Identification and Naming of Substances Under Reach*, Echa : 29, 2007.

condition qui permet, par exemple, de distinguer le graphite du diamant, deux variétés du carbone<sup>83</sup>. Aux États-Unis, le *Toxic Substance Control Act* (TSCA) introduit des définitions similaires : il considère comme « existante » une substance figurant dans l'inventaire du TSCA. Une substance est « nouvelle » si elle ne figure pas dans l'inventaire, et si elle peut être distinguée de celles qui y figurent. Les critères pour établir la distinction sont relatifs à la composition chimique, et à certains paramètres physiques (arrangements cristallins, isotopie, allotropie, etc.). Là encore, il s'agit de mobiliser des critères mesurables pour établir l'existence des substances, ce qui implique des obligations de la part des industriels, en particulier celle de fournir des informations (compositions chimiques, assemblages moléculaires) via des instruments définis par le droit (fiche de données de sécurité, dossiers d'enregistrement) permettant aux acteurs administratifs d'imposer des restrictions pour les substances les plus dangereuses<sup>84</sup>.

Ce qui fait exister une substance chimique, c'est donc un ensemble hétérogène composé de textes juridiques, d'instruments de mesure standardisés et de classifications techniques permettant de fixer des paramètres à prendre en compte, des

83. European Chemicals Agency, *Guidance for Identification and Naming of Substances Under Reach*, Helsinki, ECHA. À ces distinctions s'ajoute le cas des substances « à compositions inconnues ou variables, des produits de réactions complexes ou des matériaux biologiques » (UVCB). Ce dernier cas ne s'applique pas aux substances nano (dont l'identité en termes de composition chimique ne pose pas de difficulté), 2007.

84. Les textes européens et américains fonctionnent à cet égard selon des logiques opposées : REACH contraint l'industriel à fournir des informations, contrôlées par l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA, selon l'acronyme anglais) et à faire la preuve de l'innocuité des produits. Le TSCA demande à l'administration fédérale de faire la preuve du risque encouru pour imposer des restrictions, qui ne peut contraindre les industriels à fournir des données sur ses produits (ceci conduit certains observateurs à critiquer le TSCA : on peut relever ainsi le très petit nombre de cas où l'EPA a pu contraindre des industriels à prendre des mesures de restriction, du fait de la condition de démonstration de l'existence du danger : Sachs, Noah "Jumping the pond: Transnational law and the future of chemical regulation", *Vanderbilt Law Review*, 62 : 1817-1869, 2009).

méthodes de mesure pour le faire, et des dispositifs de suivi. Avec les instruments sur lesquels elle s'appuie, les données qu'elle fait circuler, les mesures standardisées qu'elle mobilise et les outils de gestion qu'elle met en place (étiquetage, déclaration obligatoire, restriction de production ou d'usage), la réglementation produit une « infrastructure » qui définit des existences pour des substances chimiques en même temps qu'elle propose des façons de faire avec des risques sanitaires<sup>85</sup>.

Construire une telle infrastructure pour les substances nano impliquerait de définir un paramètre physique ou chimique permettant de les identifier de façon non ambiguë, et de mettre en place, en fonction de ce choix, des instruments de mesure standardisés.

Or que choisir comme critère pour faire la distinction entre nano et non-nano ? Par exemple, entre le carbone à l'état de graphite et les nanotubes de carbone, entre l'argent ionique et les nanoparticules d'argent composées d'assemblages d'atomes d'argent de taille nanométrique ? La réponse simple et *a priori* évidente – la taille des substances nano est plus petite que celle de leur équivalent non-nano – ne suffit pas. Car la logique de développement des substances nano fait que chacune d'entre elles est différente. Par exemple, un producteur de nanotubes de carbone produit des substances en fonction d'une certaine application : les nanotubes peuvent être à « simple paroi » ou « multiples parois », « rigides » ou « flexibles », leurs longueurs et diamètres variables... un nombre potentiellement infini de caractéristiques peuvent varier. De même, les nanoparticules d'argent peuvent être de taille très variable, de formes diverses, attachées à d'autres composés<sup>86</sup>... et donc, là encore, potentiellement en nombre infini.

85. Bruno Latour a bien mis en évidence l'importance des réseaux de standardisation dans l'activité scientifique (B. Latour, *La Science en action*, La Découverte, Paris, 1989).

86. EPA, *Meeting Minutes of the FIFRA Scientific Panel Meeting held November 3-5, 2009 on the Evaluation of Hazards and Exposure of Nanosilver and Other Nanometal Pesticide Products*, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances Memorandum, 2010.

Pour connaître « le paramètre qui compte », il faudrait pouvoir établir un lien entre une caractéristique physique ou chimique choisie comme critère (longueur, diamètre, surface, résistance, etc.) et l'effet toxicologique – ce qui revient à faire de la toxicologie prédictive, et qui n'est pas, on va le voir, sans difficulté.

## Les difficultés de la toxicologie prédictive

### *Mesurer les dangers*

Pour mesurer les dangers d'une substance chimique, on peut procéder par expérimentation *in vivo* et *in vitro* : il s'agit de mettre en contact un animal (*in vivo*) ou une culture cellulaire (*in vitro*) avec la substance dont on souhaite évaluer les risques. Les spécialistes des particules ultrafines, qui se sont intéressés par exemple aux particules issues de la combustion des moteurs Diesel et qui donc ont travaillé sur des objets « nano » avant même que le terme ne soit utilisé<sup>87</sup>, comptent parmi les toxicologues susceptibles d'intervenir pour étudier les substances nano. Certains d'entre eux ont été amenés à se pencher sur celles pour lesquelles les modèles qu'ils utilisent pouvaient être le plus facilement adaptés. C'est le cas des nanotubes de carbone qui, lorsqu'ils sont inhalés par des travailleurs, pourraient avoir des effets néfastes, notamment sur les poumons. Une étude met par exemple en évidence des cas de mésothéliome (le « cancer de l'amiante ») chez des souris exposées à des nanotubes de carbone<sup>88</sup>. L'exposition de cellules mésothéliales (c'est-à-dire semblables à celles qu'on trouve dans la plèvre) à des nanotubes de carbone produit « des réponses (similaires) aux changements induits par l'amiante dans les cas de

87. C'est ce que notent les « nano-toxicologues » eux-mêmes : Oberdörster, Günter, *et al.*, « Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles », *Environmental Health Perspectives*, 113(7): 823–839, 2005.

88. « Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study », *Nature Nanotechnology*, Poland *et al.*, 3, Juillet 2008.

développement des mésothéliomes<sup>89</sup> ». Le cas des nanotubes de carbone est peut-être le plus étudié : il mobilise des instruments connus, une communauté de spécialistes dont l'organe de référence est le poumon, des pathologies (mésothéliome) et des facteurs d'exposition (en milieu professionnel) connus. Pourtant les quelques études qui existent à l'heure actuelle demeurent parcelles, et font l'objet de nombreuses interrogations. La validité des modèles animaux (la « transposition de l'animal à l'homme ») est parfois mise en doute. Alors que la connaissance de la circulation des nanotubes dans l'organisme est imprécise, on peut s'interroger sur la pertinence du modèle de l'injection directe (c'est-à-dire le fait de mettre directement en contact l'organe et la substance lors de l'expérience)<sup>90</sup>.

Les quelques informations pourtant très parcellaires sur les nanotubes de carbone sont peu utiles pour les autres substances nano, qui ne partagent pas leur structure en fibres<sup>91</sup>. À leur sujet, on sait que des substances de faibles tailles, donc plus réactives, ont des effets toxicologiques accrus : c'est ce que sont parvenus à démontrer un groupe de chercheurs qui étudient les effets sur des cellules de rats de plusieurs nanoparticules, dont des nanoparticules d'argent, de magnésium, de zinc et de fer<sup>92</sup>. Les effets toxicologiques des nano-dioxyde de titane et d'autres nanoparticules métalliques peuvent aussi être mis en évidence<sup>93</sup>. Mais tout l'enjeu alors est

89. Pacurari *et al.*, « Raw single-wall carbon nanotubes induce oxidative stress and activate mAPKs, AP-1, NF- $\kappa$ B, and akt in normal and malignant human mesothelial cells », *Environmental Health Perspectives*, 116(9): 1211-1219, 2008.

90. A. Kane et R. Hurt, 2008, « Direct injection of long multiwalled carbon nanotubes into the abdominal cavity of mice produces asbestos-like pathogenic behaviour. What does this finding mean for nanotube safety? », *Nature Nanotechnology*, 3 juillet 2008: 378-379.

91. C'est ce que remarquent Nohynek, Gerhardt *et al.*, « Grey goo on the skin? nanotechnology, cosmetic and sunscreen safety », *Critical Reviews in Toxicology*, 37: 251–277, 2007.

92. Hussain *et al.*, « In vitro toxicity of nanoparticles in BRL 3A rat liver cells », *Toxicology in Vitro*, 19: 975–983, 2005.

93. Lai *et al.*, « Exposure to titanium dioxide and other metallic oxide nano-

de savoir si les conditions des expériences en laboratoire sont comparables aux situations réelles. Car la circulation des substances nano dans l'organisme est mal connue<sup>94</sup>, les conditions de leur stabilité encore moins. À cela s'ajoute le fait que les substances nano sont rarement isolées : dans des produits industriels ou de consommation, elles peuvent être associées à d'autres composés chimiques, ce qui peut modifier leurs dangers.

### Évaluer les expositions

Dans les démarches classiques de mesure des risques, connaître l'exposition est primordial. Une substance très dangereuse mais confinée présente un risque faible, au contraire, une substance moins dangereuse, mais avec laquelle les populations sont en contact fréquent conduit à un risque élevé. Le cas des substances nano rend l'évaluation de l'exposition incertaine, en premier lieu parce que leur présence dans les produits et les procédés industriels est mal connue.

L'exposition par voie d'inhalation est le modèle le plus étudié par les spécialistes des particules ultrafines. Mais d'autres voies d'exposition sont envisageables. Par exemple, les produits cosmétiques contenant du dioxyde de titane à l'état nanostructuré sont appliqués sur la peau, tandis que des substances nano utilisées dans l'industrie agro-alimentaire sont vouées à être ingérées.

Ces voies d'exposition sont mal connues. Par exemple, la traversée de la peau ne semble pas être significative, mais la question des peaux dégradées demeure cependant. Elle dépend dans tous les cas des différents scénarios d'exposition possibles. Appliquer une crème solaire sur la peau tous les jours de l'année ne conduit évidemment pas à la même exposition que si le produit n'est appliqué qu'une semaine par an. Pour les produits de consommation

particles induces cytotoxicity on human neural cells and fibroblasts", 2008, *Int J Nanomedicine*, décembre 2008 ; 3(4) : 533–545.

94. C'est ce que remarquent Nohynek, Gerhardt *et al.*, "Grey goo on the skin? nanotechnology, cosmetic and sunscreen safety", *Critical Reviews in Toxicology*, 37 : 251–277, 2007.

courante, il existe des normes et des standards d'exposition, définis en concertation par les organisations professionnelles. Par exemple, on sait que tel produit est en moyenne utilisé un nombre  $n$  de fois dans l'année, avec une application qui dure pendant un temps  $t$ . On peut alors définir des conditions normales d'utilisation, qui permettent d'évaluer l'exposition au produit. Dans le cas où les utilisations produits ne sont pas normées, on a donc une ressource en moins pour évaluer l'exposition. C'est précisément le cas pour des produits nouveaux qui tirent leur propriété de leurs composants nanos. Par exemple, si un cosmétique est plus efficace du fait de la présence d'une substance nano, son utilisation sera sans doute différente de son homologue « non-nano » (puisque une quantité plus faible sera nécessaire pour le produit nano).

À cela s'ajoute un autre problème, relatif à la stabilité des substances nano. Insérées dans des produits de consommation, elles peuvent s'en échapper au fil des usages. Par exemple, une étude a montré que les nanoparticules d'argent utilisées en additif dans des textiles pour leurs effets « anti-odeur » (notamment dans des chaussettes) étaient libérées en grande partie au bout de quelques lavages<sup>95</sup>. Ce relargage peut être complexe à évaluer, et dépend dans tous les cas des conditions d'utilisation. Ainsi, si des substances nano sont prisonnières d'une matrice (des nanotubes de carbone dans une raquette de tennis, des nanoparticules de dioxyde de titane dans des bétons, des nanoparticules d'argent dans un polymère pour une application médicale), leurs effets sur des organismes ou sur l'environnement dépendra des modalités de dégradation de celle-ci.

Ajoutons encore un dernier niveau de complexité : la stabilité des substances nano elles-mêmes. En circulant dans les milieux naturels ou dans les organismes vivants, elles peuvent s'associer à

95. Benn, TM et Westerhoff, "Nanoparticle silver released into water from commercially available sock fabrics", *Environmental Science and Technology*, 42 (11) : 4133–4139, 2008.

d'autres substances et former des composés plus complexes, dont les effets dépendront à chaque fois de la nature chimique<sup>96</sup>.

### **Des liens dose-effet incertains**

Dans l'évaluation classique des risques chimiques, le lien « dose-effet » permet de lier la mesure du danger et celle de l'exposition : si la dose appliquée double, alors le risque double. C'est précisément l'évaluation de l'exposition qui permet de déterminer le facteur multiplicatif. Le modèle est simple, mais les substances nano le mettent à mal. En effet, il considère que la masse de la substance dont on veut évaluer les risques est le paramètre déterminant dans la production de l'effet toxicologique. Mais tout l'intérêt d'un objet contenant des substances nano est de disposer d'une surface de réaction étendue, du fait de la petite taille de ses composants. Et « surface étendue » veut dire « réactivité accrue », puisque les réactions chimiques se font par interactions à la surface des composés. Ainsi, le paramètre déterminant pourrait bien être la surface de réaction plutôt que la masse. Si bien que deux ensembles de particules de masse identique pourraient ne pas avoir le même danger, si l'un des deux a une surface de réaction plus grande. La mesure du risque dépendrait alors de la surface de réaction du produit et non plus de la dose appliquée. Cela compliquerait encore le suivi des substances, car si les entreprises industrielles sont capables de tracer les masses des produits et de les contrôler, la mesure de la surface de réaction exigerait des industriels qu'ils mettent en place un équipement coûteux.

À cela s'ajoutent d'autres problèmes pour établir le lien dose-effet. Tous les nano-objets ne sont pas équivalents, y compris s'ils ont la même formule chimique, la même surface de réaction, et la même masse. La forme des composés peut influencer sur les effets des substances<sup>97</sup>. Ainsi, des expériences menées avec une certaine

96. Pour un exemple sur les nanoparticules d'argent : voir S. Blaser *et al.*, "Estimation of cumulative aquatic exposure and risk due to silver: Contribution of nano-functionalized plastics and textiles", *Science of the Total Environment*, 390(2-3): 396-409, 2008.

97. Pour un exemple, voir J. L. Elechiguerra *et al.*, "Interaction of silver

substance pourraient ne plus être valables si le produit considéré en conditions réelles d'utilisation comprenait cette substance dans des formes différentes.

### **Définir les substances nano : le critère de la taille**

On voit ainsi que l'estimation du danger et celle de l'exposition sont intimement mêlées. Le danger d'une substance dépend des substances avec lesquelles elle est associée, des conditions d'utilisation (on a vu par exemple que la lumière pouvait rendre plus réactive une nanoparticule), et du type de tissu organique ou du milieu naturel concerné. De nombreux paramètres physico-chimiques sont susceptibles d'avoir un impact toxicologique<sup>98</sup> (la surface, la forme, l'association avec d'autres espèces...), chacun d'eux dépend de la situation locale d'utilisation et des particularités du produit. La toxicologie prédictive ne peut prétendre définir une fois pour toute le « bon critère » à prendre en compte pour évaluer les risques des substances nano, et ne peut donc fournir la solution à la résolution du problème de leur existence.

Malgré la complexité de la situation, le critère de la taille est le plus souvent choisi pour définir les substances nano. Dans les rapports de la *National Nanotechnology Initiative* américaine<sup>99</sup>, de la Royal Society britannique<sup>100</sup>, de l'O.C.D.E<sup>101</sup> et du groupe

nanoparticles with HIV-1", 2005, *Journal of Nanobiotechnology*, 3:6, 2005.

98. C'est la conclusion à laquelle parvient en septembre 2007 un atelier de travail de l'EPA sur la caractérisation des nanomatériaux (U.S. Environmental Protection Agency, *Meeting Summary Report Material Characterization of Nanoscale Materials*, 2007, Washington D.C., EPA.). En Europe, le Scientific Committee for Human and Environmental Risks (SCE-NIHR) publie en 2007 un rapport dans lequel il souligne – de façon très similaire aux conclusions de l'EPA – la nécessité d'introduire de nouveaux paramètres (taille, forme, agrégation) dans l'évaluation des risques.

99. "Dimensions between approximately 1 and 100 nm are known as the nano-scale." (*NNI Strategic Plan*, 2007.)

100. "typically under 100 nm", The Royal Society and The Royal Academy of Engineering, *Nanoscience and Nanotechnologies*: 5, 2004.

101. "The size range typically between 1 and 100 nm." (Summary Record of the 2nd meeting of the WPMN).ENV/CHEM/NANO/M(2007), April 2007 : 22.

européen d'expertise sollicité par la Commission européenne pour évaluer les risques potentiels des nanomatériaux<sup>102</sup>, le caractère « nano » des substances est défini par une dimension inférieure à 100 nanomètres. Dans tous ces textes, la limite de 100 nanomètres est considérée comme « un ordre de grandeur », une dimension « typique mais non exclusive ». Elle est un outil permettant de définir de façon synthétique un programme de financement public de la recherche en tenant compte d'une collection de travaux scientifiques convergeant dans une certaine direction (« de nouvelles propriétés pour des dimensions de l'ordre de la dizaine de nanomètres ») plutôt qu'une frontière reposant uniquement sur une instrumentation de laboratoire<sup>103</sup>. Ce critère est critiqué, notamment par ceux, chercheurs<sup>104</sup> ou ONG<sup>105</sup>, qui jugent plus pertinente une définition fondée sur les propriétés toxicologiques des substances. Mais en l'absence de moyen de caractérisation standardisé et de possibilité de démonstration du lien de causalité entre caractéristique de la substance et propriété toxicologique, le critère de la taille apparaît pour les instances en charge des programmes des nanotechnologies comme le moyen le plus simple de définir les substances nano. C'est ainsi que « l'échelle nanométrique » est définie comme allant « approximativement de 1 à 100 nanomètres » par l'organisation internationale de standardisation, l'ISO, qui utilise ensuite cette définition pour définir les

102. Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks, *Opinion on the Appropriateness of the Risk Assessment Methodology in Accordance with the Technical Guidance Documents for New and Existing Substances for Assessing the Risks of Nanomaterials*, SCENIHR, Bruxelles, 2007.

103. Ceci n'est nulle part plus visible que dans les rapports de la NNI, qui mobilisent une très grande variété de travaux scientifiques, dont l'échelle de manipulation de la matière est souvent le seul point commun.

104. Par exemple, des chercheurs proposent de prendre en compte les propriétés des substances dans la définition des nanoparticules non organiques (Auffan, Mélanie *et al.*, "Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective", *Nature Nanotechnology*, vol. 4, octobre 2009: 634-641, 2009).

105. European Environmental Bureau, *EEB Position Paper on Nanotechnologies and Nanomaterials. Small Scale, Big Promises, Divisive Messages*, 2008, février 2008.

« nano-objets » comme des substances dont au moins une dimension est nanométrique<sup>106</sup>.

Le critère de la taille permet de tenir ensemble les définitions de la politique scientifique (avec le « approximativement », il reprend la définition de la technologie transverse que propose la NNI), certaines propriétés des substances (l'échelle 1-100 nanomètres est l'ordre de grandeur de l'apparition de nouvelles propriétés), et permet de composer avec les (im)possibilités techniques (il n'existe pas de façon de mesurer de façon standardisée d'autres propriétés). Il ne peut éviter de faire survenir d'autres questions, notamment lorsque ce sont les « nanomatériaux » qu'il s'agit de définir, en vue d'exiger, par exemple, un étiquetage spécifique « nano » ou des études de risque supplémentaire. Qu'en est-il, par exemple, des particules de plus grande taille, entre 100 et 1 000 nanomètres, dont on ignore le comportement mais qu'on soupçonne, pour certaines, d'avoir des propriétés différentes de leur équivalent non-nanométrique<sup>107</sup>? Qu'en est-il des agrégats de nano-objets, dont la réactivité est augmentée, du fait d'une grande surface spécifique, tout en ayant une taille bien supérieure à 100 nanomètres? On voit l'enjeu pour les industriels. Si les agrégats sont considérés comme des nanomatériaux, donc comme de nouvelles substances, alors les producteurs pourraient se voir obligés de multiplier les déclarations et les études, et d'afficher publiquement le caractère « nano » de leurs produits.

L'ISO ouvre la voie à une utilisation large du critère de taille permettant de prendre en compte les agrégats en proposant de considérer, dans une définition de travail, les nanomatériaux

106. Un groupe de travail sur les nanotechnologies a été mis en place par l'ISO. Un document normative relatif à la terminologie a été publié en 2008 (*Nanotechnologies – Terminology and Definitions for Nano-objects – Nanoparticle, Nanofibre and Nanoplate*, ISO/TS 27687: 2008).

107. Voir pour l'exemple des nanoparticules d'argent: SAP Minutes No. 2010-01, "A set of scientific issues being considered by the Environmental Protection Agency regarding: Evaluation of the hazards and exposure associated with nanosilver and other nanometal pesticide products", Washington DC, EPA.

comme des composés de nano-objets *ou* des composés dont la structure interne est nanométrique. C'est cette définition qui est retenue dans la première intégration dans le droit des substances nano, à un (important) détail près: le règlement relatif aux produits cosmétiques publié en novembre 2009 impose un étiquetage spécifique des produits cosmétiques comportant des nanomatériaux, ces derniers étant définis comme des matériaux manufacturés « dont une ou plusieurs dimensions, ou la structure interne, est comprise entre 1 et 100 nanomètres<sup>108</sup> ». Dans ce texte, le critère de taille est seul retenu. Il inclut la « structure interne » et considère donc les agrégats des substances nano comme des nanomatériaux, mais fige les limites en faisant disparaître la modulation qu'apportait l'adverbe « approximativement » à la définition de l'ISO. Si bien que des ONG se sont inquiétées non seulement de la possibilité de prendre en compte des produits composés de substances ayant une grande distribution de taille, mais aussi du fait qu'un industriel souhaitant échapper à la régulation pourrait utiliser une substance de dimension supérieure à 100 nanomètres (110 nanomètres par exemple) ayant cependant une réactivité augmentée du fait de sa taille réduite.

Le risque des substances nano est donc un problème éminemment politique, du fait des interrogations sur les paramètres pertinents à prendre en compte: le choix d'un critère plutôt que tel autre, ou encore celui d'une limite de taille plus ou moins restrictive, correspond à un choix sur la régulation des substances, et donc sur les contraintes imposées aux industriels.

### ***Une incertitude fondamentale sur l'existence des substances nano***

Définir par le biais du critère de taille est un moyen de gérer une situation où l'appareillage nécessaire à l'utilisation d'autres

108. Règlement EC n° 1223/2009 du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 sur les produits cosmétiques: article 2, alinéa k. Le règlement donne la possibilité de revoir cette définition à mesure que progressent les travaux de normalisation.

critères (démonstration du lien de causalité avec les effets toxicologiques, instruments de mesure, scénarios d'usage...) n'est pas disponible. Imaginons que, dans une hypothétique période future, tout un réseau de normalisation soit disponible pour les substances nano: une réglementation les prendrait en compte de façon spécifique, les industriels connaîtraient les caractéristiques physico-chimiques pertinentes pour évaluer les risques, toxicologues et spécialistes des sciences des matériaux travailleraient de concert pour mesurer ces caractéristiques et des scénarios d'usage seraient disponibles. Le problème serait-il résolu pour autant? On peut s'interroger sur la stabilité d'une telle situation, pour deux raisons.

D'une part, la dynamique de la recherche sur les substances nano consiste précisément à mettre au point de nouveaux arrangements entre atomes, des substances dont les formes sont originales, de nouvelles associations entre substances, qui auront à leur tour des propriétés spécifiques, des usages nouveaux, et donc des risques différents, fondés sur des caractéristiques physico-chimiques qui n'auront pas nécessairement été prises en compte dans les opérations de normalisation précédentes. D'autre part, la situation des substances nano est, dans la plupart des cas, celle d'une exposition à des faibles doses<sup>109</sup>. En conséquence, et même si une définition fondée sur des critères normalisés permettant de rendre compte des propriétés nano était disponible, la preuve statistique du lien de causalité entre exposition aux substances nano et conséquences sanitaires de celles-ci ne pourrait pas être établie de façon incontestable: s'ajouterait à beaucoup d'autres phénomènes un degré de probabilité. Cela n'en rend pas les faibles doses plus acceptables, mais en fait des objets insaisissables par les méthodes traditionnelles de traitement des risques<sup>110</sup>.

109. La situation des travailleurs exposés de façon régulière est différente.

110. Jean-Pierre Dupuy critique ainsi les évaluations des conséquences de la catastrophe de Tchernobyl négligeant les probabilités additionnelles de cancer dues à l'exposition à de faibles doses de radiation (J.-P. Dupuy, *Retour de Tchernobyl. Journal d'un homme en colère*, Seuil, Paris, 2006).

Ainsi, il faut accepter que l'incertitude sur l'existence des substances nano soit intrinsèque à ces entités. Tout le problème est alors de gérer cette situation d'incertitude sur l'existence. On va voir dans les paragraphes suivants qu'elle est prise au sérieux de façon très contrastée par différents acteurs.

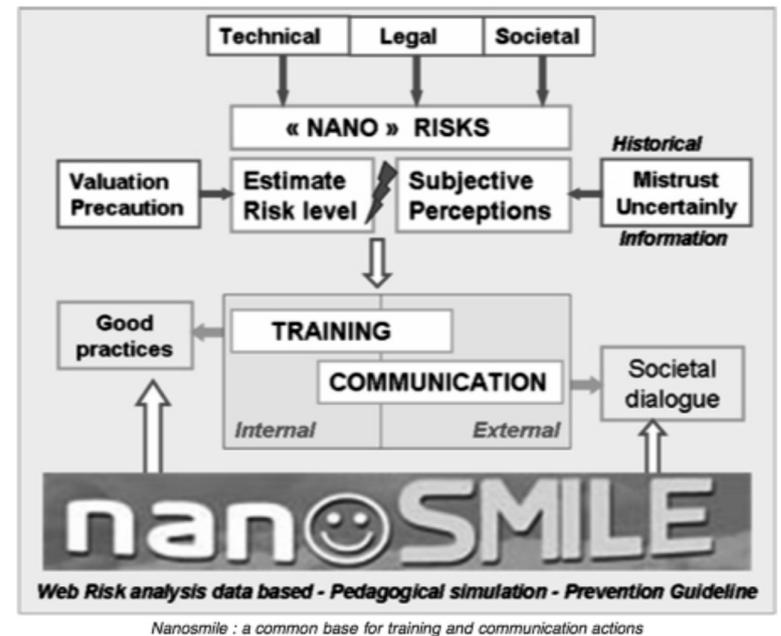
## Gérer l'incertitude... sans aborder le problème de l'existence

### Poser le problème en termes de communication : la politique de NanoSmile

Certains promoteurs des nanotechnologies mettent souvent en avant le fait que toute innovation comporte des risques. Les nanotechnologies, selon eux, auraient comme toute technologie « deux côtés », des bénéfices et des risques, les seconds étant inévitables pour profiter des premiers. Dans cette optique, le fait que les nanotechnologies soient discutées dans des instances administratives et dans les médias, et soient devenues un objet de mobilisation sociale entraîne certains acteurs scientifiques à réduire la situation à un problème de gestion de la communication. Pour eux, les incertitudes évoquées plus haut ne sont pas un objet d'inquiétude. Il ne s'agirait que d'appliquer les modèles classiques de la gestion du risque, qui séparent évaluation, gestion et communication des risques.

Considérons par exemple le programme *NanoSmile*, une initiative du CEA inscrite dans le projet européen *Nanosafe* qui coordonne les études de risques relatifs aux nanomatériaux. *NanoSmile* est avant tout un site Internet, qui revendique son rôle central dans le cadre d'une démarche d'innovation responsable, et dont l'objectif est « de préparer et d'accueillir des activités de formation ainsi que de communiquer les informations sur les risques potentiels des nanomatériaux ». L'idée est avant tout de « permettre à différentes audiences de comprendre la réalité des situations de travail et de production », et de « minimiser les écarts entre le niveau de risque estimé et les perceptions subjectives ». Tout est dit : si

problème public il y a, celui-ci a trait à la « mauvaise perception » de la réalité du risque par certaines catégories d'individus. Des ONG ou des groupes d'opposants déformeraient la réalité du risque en l'exagérant, et tout le travail des acteurs scientifiques comme des puissances publiques consiste à corriger ces fausses perceptions, sources de « méfiance », « d'incertitude » et finalement de « risques sociétaux ». C'est ce que résume le schéma suivant qui présente le projet, dont l'intitulé et le logo résument assez bien l'idée générale : le « niveau de risque estimé » s'oppose aux « perceptions subjectives ». Le premier est à traiter par la « précaution », et doit faire l'objet de « bonnes pratiques », les secondes s'expliquent par la « méfiance » et « l'incertitude » et doivent être corrigées par la « communication » et le « dialogue sociétal ».



Évidemment, cette posture suppose que l'incertitude ne pose pas de problème particulier, ne considère pas comme problématiques les difficultés relatives à l'existence même des substances nano, et réserve aux experts le soin de traiter ce problème pourtant très politique.

### ***La nécessité de dialoguer avec les parties prenantes : l'approche de l'IRGC***

Le cas de *NanoSmile* est caricatural mais la délégation aux experts qu'il propose est minoritaire dans ce champ caractérisé par le discours de l'innovation « responsable » et de la nécessité de dialoguer avec les « parties prenantes » en allant au-delà de la seule communication. Un autre exemple, beaucoup plus caractéristique de l'approche d'innovation responsable pour aborder la gestion des risques liés aux nanotechnologies est proposé par un rapport publié par un *think tank*, l'International Risk Governance Council (IRGC)<sup>111</sup>. Son auteur principal n'est autre que Mihail Roco, instigateur de la NNI et codirecteur de celle-ci. Son coauteur, Ortwin Renn, est un universitaire aujourd'hui bien connu pour ses études de la perception des risques. La méthode proposée par l'IRGC consiste à suivre la distinction traditionnelle de l'analyse des risques entre l'évaluation et la gestion, puis, à chaque étape du processus, d'ajouter une mesure des « inquiétudes » : « perceptions des risques », « inquiétudes sociales » et « impacts socio-économiques ». Ainsi, la mesure des inquiétudes doit aider à définir ce que sont les « risques acceptables » et ceux qui ne le sont pas.

La perspective disciplinaire est donc ici celle de la perception des risques, le champ disciplinaire d'Ortwin Renn, qui impose de séparer les risques eux-mêmes des façons de les comprendre, les secondes pouvant être plus ou moins conformes à la réalité des premiers. À la différence de *NanoSmile*, la méthode de l'IRGC considère que les « inquiétudes » des acteurs de la société civile doivent être prises en compte dans le processus même de l'évaluation

111. O.Rennet M.Roco, *White Paper on Nanotechnology Risk Governance*, IRGC, Genève, 2006.

et de la gestion du risque, et non pas seulement au cours d'opérations de communication en aval. Mais dans cette affirmation, la réalité du risque est clairement séparée de sa perception par la « société » : l'approche sépare réalité technique et facteurs (fantasmes) sociaux, quand bien même cette séparation est complexifiée par de multiples allers et retours entre évaluations technique et sociale et par l'importance de la communication à toutes les étapes du processus. Des « parties prenantes » ont des attentes mesurables, des inquiétudes identifiables, des seuils de tolérance et d'acceptabilité à connaître avant de pouvoir juger du niveau de risque à autoriser.

Dans la proposition de l'IRGC, l'évaluation du risque elle-même est composée de la mesure des dangers et de celle de l'exposition, suivant le procédé classique qui se révèle impossible à mettre en œuvre pour les substances nano, comme on l'a vu. L'objectif final est alors d'assurer que la société ne réagisse pas en s'opposant à des progrès technologiques futurs. L'incertitude sur l'existence des substances nano, qui fait que l'évaluation des risques est un problème politique, est reportée vers une incertitude sociale, relative aux comportements plus ou moins rationnels des foules face à une réalité technique dont la mesure n'est pas censée poser problème<sup>112</sup>.

### ***Faire de l'innovation responsable sans prendre au sérieux le problème de l'existence***

Le modèle proposé par l'IRGC est une tentative pour rendre opérationnelle l'innovation responsable. Comme *NanoSmile*, il est fondé sur des informations pertinentes sur la technique. Les méthodes présentées dans ces deux exemples – et qui font souvent

112. Ceci est particulièrement explicite dans le rapport de l'IRGC sur les « simples problèmes de risques » (IRGC, 2006, *op. cit.* p. 54). Le rapport considère les risques potentiels des applications futures des nanotechnologies (par exemple, les nano-systèmes autonomes), pour lesquelles il adopte également une démarche fondée sur la confrontation entre l'évaluation scientifique et la mesure des « inquiétudes sociales ».

figure de solution toute prête pour les acteurs de la politique scientifique – prétendent régler la question de l'incertitude en mobilisant encore plus d'expertise, sans prendre en considération le problème fondamental de l'existence – technique, juridique, administrative – de nouvelles substances chimiques.

Dans les deux cas, l'expertise à mobiliser porte sur le social autant que sur le technique : dans un contexte où la prise en compte du « public » et des « parties prenantes » est mise en avant, cette façon de gérer le risque va de pair avec une mesure des perceptions sociales des risques et des inquiétudes des populations. Cette approche repose sur des présupposés dont on peut mettre en doute la validité dans le cas des nanotechnologies<sup>113</sup>.

Premier présupposé, la perception du risque dépend de l'appartenance à des groupes sociaux dont l'identité est caractérisée en partie par la manière dont ceux-ci perçoivent les informations. L'exemple des nanoparticules d'argent montrera comment se manifestent les critiques et mobilisations sur les risques des nanomatériaux. À ce stade, on peut simplement remarquer que les revendications des ONG les plus engagées ont trait à la définition même des substances nano, dans le droit et dans les études de risques, et, plus généralement, des nanotechnologies elles-mêmes. Les groupes les plus contestataires considèrent que les risques sont une mauvaise façon de poser le problème des nanotechnologies, qui suppose que le développement technologique est accepté (alors que c'est son principe même qui devrait être critiqué) et qu'il « suffit » de gérer ses conséquences. Enfin, la lecture du problème en termes de communication suppose une relative stabilité des groupes sociaux concernés. Or dans une situation où les directions du développement technologique sont incertaines, on ne peut faire l'hypothèse de la fixité des publics concernés<sup>114</sup>.

113. Les présupposés sous-tendant les études de la perception des risques ont été discutés et critiqués par Sheila Jasanoff (Jasanoff, Sheila, "The political science of risk perception", *Reliability Engineering and System Safety*, 59(1) : 91-99, 1998).

114. À l'heure actuelle, les tentatives de mesure de l'opinion sur les nano-

Second présupposé, les risques sont des entités fixes, dont la nature peut être plus ou moins déformée par les filtres à travers lesquels les groupes sociaux perçoivent la réalité. Les pages précédentes ont bien montré qu'avec les substances nano, on est dans une situation d'incertitude dans laquelle il est illusoire de considérer que les risques sont identifiables facilement. Comme le montrent les tentatives de choix de critères pour définir les substances nano, l'évaluation des risques est un procédé qui, en lui-même, est sujet à disputes et controverses<sup>115</sup>.

Définir le problème des risques des nanomatériaux comme le font *NanoSmile* et le modèle de l'IRGC, en établissant une séparation entre mesure des réalités techniques et sociales, analyse de ces informations, et action politique en conséquence ne permet donc pas de prendre en compte les enjeux politiques des substances nano.

### ***Adopter une démarche de précaution***

Une fois admise la notion d'incertitude liée aux nanotechnologies, beaucoup de questions surgissent. Comment traiter les risques éventuels de ces composantes dont l'identité n'est pas même définie ? Si les acteurs administratifs doivent agir au mieux sans avoir d'informations disponibles, que doivent-ils entreprendre pour garantir la sécurité des populations ? Quant aux industriels, dont la responsabilité est engagée, que doivent-ils faire pour gérer cette situation incertaine ? En appeler au principe de précaution ne peut bien sûr être qu'une première étape. Car une fois la

technologies montrent que le domaine est très peu connu. Nous reviendrons au chapitre 5 sur les formes prises par la mobilisation sociale sur les enjeux des nanotechnologies.

115. Les études sociales de la science ont bien montré que la construction des risques est un processus fait tout autant de choix politiques que de considérations techniques (voir B. Wynne, "Misunderstood misunderstandings. Social Identities and public uptake of science", *Public Understanding of Science*, 1: 281-304, 1992, et les travaux de Sheila Jasanoff: Jasanoff, Sheila, *The Fifth Branch. Science Advisers as Policy-makers*, Harvard University Press, Cambridge, 1993, Jasanoff, Sheila, *Designs on Nature*, Princeton University Press, Princeton, 2005).

précaution acceptée, encore faut-il savoir de quels instruments on dispose pour la mettre en œuvre.

Pour les acteurs industriels, la gestion de la situation d'incertitude est un enjeu stratégique. Une catastrophe sanitaire donnerait un coup d'arrêt aux développements. De plus, une fois l'incertitude reconnue, elle s'insère dans le fonctionnement du marché aux dépens des industriels. Elle inquiète les assureurs, qui affichent leurs doutes sur la possibilité de calculer les risques liés aux nanotechnologies, et donc d'assurer les projets industriels<sup>116</sup>. Elle devient évidente pour les acteurs de la société civile, associations de protection de l'environnement et associations de protection des consommateurs – et donc peut menacer l'image de l'entreprise.

Les industriels ont donc tout intérêt à prendre au sérieux l'incertitude. Certains d'entre eux lancent des initiatives de collectes de données. Le meilleur exemple est sans doute le partenariat entre le chimiste américain DuPont et l'ONG Environmental Defense, qui mettent au point en 2005 une méthode de recueil d'informations à destination des industriels impliqués dans la production de nanomatériaux, en établissant une liste de critères susceptibles d'être pris en compte parmi les facteurs qui pourraient avoir un rôle dans le danger des substances<sup>117</sup>. Ces initiatives privées sont isolées, d'un impact encore incertain, et rencontrent le scepticisme de certaines ONG, qui voient là une façon de faire gérer par des acteurs privés ce qui devrait être de la responsabilité de l'administration publique.

D'autres industriels s'engagent dans des démarches fondées sur le confinement des substances: en l'absence de données sur les risques, il serait nécessaire de mettre en place des dispositifs grâce auxquels les expositions peuvent être limitées. Ils y sont incités par

116. Swiss Reinsurance Company, 2004, *Nanotechnology: Small Matter, Many Unknowns*, SwissRe, Zurich; Lloyd's Emerging Risks Team, *Nanotechnology: Recent Developments, Risks and Opportunities*, Lloyd's, Londres. 2007.

117. Nous reviendrons sur cette initiative, le *NanoRisk Framework*, au chapitre 5.

des agences publiques. Ainsi, l'Agence française de sécurité sanitaire, de l'environnement et du travail recommande, dans son rapport consacré à la sécurité au travail, de retenir une approche décrite comme une « démarche de précaution<sup>118</sup> ». La « précaution » préconisée dans ce rapport consiste à limiter au maximum les contacts des travailleurs avec les substances en cause (port de gants, usage de filtres...), tout en recommandant la poursuite des études et le regroupement des informations disponibles. Aux États-Unis, le National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) recommande (sans contrainte légale) une « démarche de précaution maximale<sup>119</sup> », elle aussi fondée sur le confinement. Le NIOSH met en place des dispositifs voués à évoluer au fil de l'avancée des connaissances. Par exemple, les guides de bonnes pratiques sont conçus comme « des documents vivants, revus par une équipe interdisciplinaire d'experts NIOSH à mesure que de nouvelles données sont disponibles<sup>120</sup> ». Ainsi, en attendant que soient exploités les résultats de la recherche ou que soient définis les critères de la régulation juridique des substances nano, il est possible d'envisager des dispositifs d'action qui reposent sur la limitation maximale de l'exposition et évoluent en fonction des résultats tirés des recherches engagées.

L'exemple des nanotubes de carbone est significatif pour comprendre comment peut s'opérationnaliser une telle démarche. Certains producteurs de nanotubes, par exemple, font en sorte de confiner leurs installations de production, et s'assurent par là que les travailleurs soient au minimum en contact avec les substances chimiques (voir encadré ci-après). Mais même si le confinement est mis en avant par les pouvoirs publics et les industriels, on conçoit aisément qu'un petit entrepreneur n'ait pas les moyens de s'équiper en matériel coûteux, qui pour être efficace doit être

118. Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, *Nanomatériaux et sécurité au travail*, AFSSET, Paris, 2006.

119. NIOSH, *Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles*, 2009.

120. Murashov, V et J Howard, "Essential features for proactive risk management", *Nature Nanotechnology*, 4: 467-470: p. 468, août 2009.

constamment contrôlé, et que n'impose aucune réglementation. De plus, si la situation est relativement simple dans le cas d'une chaîne de production rassemblée sur un même site, elle est beaucoup plus complexe dans d'autres cas, comme l'agro-alimentaire, où les substances nano sont très diverses, utilisées sous forme d'agrégats ou d'agglomérats, et mal connues par les industriels eux-mêmes. Enfin, le confinement fonctionne pour des risques concernant des milieux professionnels spécifiques, mais ne peut prétendre régler le problème des risques pour les consommateurs de produits contenant des substances nano, ou pour les milieux naturels. C'est pourquoi certains acteurs – en particulier des associations et ONG – proposent un moratoire sur les « produits nano » : s'il n'est pas possible d'assurer le confinement, et si les risques sont incertains, le principe de précaution voudrait qu'on refuse la mise sur le marché de produits en attendant d'obtenir les informations sur les risques. On voit la difficulté à laquelle se heurte cette proposition : le lancinant mais décisif problème des informations disponibles et de l'existence des substances sur lesquelles on voudrait appliquer un moratoire.

Dans les approches qui se revendiquent ainsi de la précaution, tout le problème de la gestion du risque est de mettre en place des mesures de protection en attendant que les études soient disponibles. C'est dans le « en attendant » que se niche le problème : ces démarches, pour intéressantes et nécessaires qu'elles soient, ne s'attaquent pas au cœur du problème, c'est-à-dire à l'existence des substances nano et aux modalités des évaluations du risque.

**La stratégie du confinement :  
le cas d'un industriel français de la chimie<sup>121</sup>**

L'entreprise A\*\*\*, un des acteurs industriels majeurs de la chimie en France, a démarré la production de nanotubes de carbone à partir du début des années 2000. Dans un contexte où l'entreprise cherche à investir dans des secteurs innovants, le choix stratégique de

121. Sur la base d'une enquête réalisée par l'auteur.

développement de ces nouvelles substances s'inspire directement des orientations de la politique scientifique américaine. Très vite, l'éventualité des risques des substances produites et la prégnance du thème de l'innovation responsable chez les acteurs de la politique scientifique conduisent A\*\*\* à confiner les nanotubes, lors des phases de production (en réduisant les expositions des travailleurs), puis dans les produits vendus (en dispersant les nanotubes dans des matrices solides). L'entreprise choisit de participer aux initiatives de collecte d'informations sur les substances nano menées par les administrations auprès des industriels, et s'efforce de contrôler les informations à son sujet. Elle participe aux travaux d'instances de normalisation, et choisit de se présenter comme un industriel « responsable », assumant de produire des substances nano et s'affirmant capable de les contrôler.

La stratégie de A\*\*\* consiste donc à contourner le problème de l'existence en contrôlant à la fois les substances chimiques et la circulation des informations à leur sujet. Elle n'est pas celle de tous les industriels. Elle requiert en effet une capacité d'investissement importante, nécessaire pour limiter les expositions aux substances lors de la production. Elle peut fonctionner avec les nanotubes de carbone, mais non avec d'autres substances nano qui ne peuvent être contrôlées facilement (c'est le cas, par exemple, des nanoparticules d'argent).

**Faire avec l'incertitude sur l'existence :  
l'exemple du nanoargent**

***Incertitudes sur les nanoparticules d'argent***

Les nanoparticules d'argent sont un cas intéressant pour comprendre comment peut être traitée l'incertitude relative à l'existence même des substances nano<sup>122</sup>. Contrairement aux nanotubes

122. Cet exemple a fait l'objet d'une analyse détaillée dans B. Laurent, « Participation du public et nanoparticules. Traiter les nanoparticules d'argent en démocratie », dans S. Lacour (dir.), *Clair-Obscur normatif. La Régulation des nanotechnologies*, Larcier : 153-174, Bruxelles, 2010.

de carbone, ces objets sont beaucoup plus difficilement contrôlables : ils sont produits par de nombreux industriels ou des laboratoires via des procédés très variés, et sont déposés en surface de produits de consommation d'où ils peuvent s'échapper facilement. L'argent à l'état colloïdal – c'est-à-dire sous forme de particules de taille inférieure à 1 000 nanomètres en solution – est utilisé depuis des dizaines d'années. Il sert d'additif alimentaire et ses propriétés biocides en font un désinfectant efficace. Les nanoparticules d'argent peuvent être utilisées dans des films alimentaires et permettent alors une conservation de plus longue durée des aliments. Le développement des nanotechnologies a conduit à la multiplication des publications relatives aux nanoparticules d'argent, à la fois sur leur production, sur leur utilisation dans divers secteurs de la recherche fondamentale ou de la pratique industrielle, et sur leurs risques sanitaires ou environnementaux. Des questions sur les risques se posent en effet avec la croissance des usages : les propriétés biocides des nanoparticules d'argent permettent des utilisations intéressantes, mais ont des dangers toxicologiques pour corollaires. D'autant plus que l'utilisation massive des effets anti-bactériens des nanoparticules d'argent dans des produits de consommation courante, des textiles par exemple, pourrait conduire à répandre de grandes quantités de ces substances dans les milieux naturels. Comme beaucoup d'autres nanoparticules, les incertitudes ont trait aux dangers liés aux substances, mais aussi à leur stabilité dans les organismes et les milieux naturels. Le problème se complique encore du fait de l'utilisation fréquente des nanoparticules d'argent dans des solutions contenant des particules d'argent de taille très variable, dans lesquelles donc les particules « nano » et « non-nano » coexistent. Si bien qu'on parle souvent de « nano-argent » pour désigner des produits dont les propriétés sont issues de la distribution de taille des particules d'argent. Avec le nano-argent, le problème de l'existence est directement pris en charge par les acteurs. Une controverse américaine et l'exemple d'un dispositif français vont nous permettre de mettre en évidence des façons contrastées de faire avec l'incertitude sur l'existence.

### **Réduire le cas du nanoargent à celui de l'argent ionique**

Certains considèrent que devant la difficulté d'isoler les nanoparticules d'argent des autres formes de l'argent (argent métallique, argent colloïdal, argent associé à d'autres éléments, etc.), il est plus simple de les considérer comme une source additionnelle d'argent. Le rapport écrit par le toxicologue Serge Luoma en 2007 est un bon exemple de cette approche. Intitulé *Nanoargent : un problème de longue date ou un nouveau défi*<sup>123</sup> ?, ce rapport a été publié en 2005 par un *think tank* américain, le Woodrow Wilson Center. Le rapport remarque que les risques spécifiques des nanoparticules d'argent sont peu documentés. Il est certain que, comme l'argent sous d'autres formes, la libération d'ions argent produit des effets toxicologiques. Mais pour Luoma, l'effet spécifique de l'argent sous forme nanométrique n'est pas prouvé. En conséquence, il est raisonnable de le considérer comme une source supplémentaire d'argent, et d'utiliser les modèles connus de mesure des dangers et des expositions. Il s'agit alors de construire des modèles de circulation des éléments dans le milieu naturel en ajoutant aux quantités d'argent connues les rejets dus aux nanoparticules d'argent. Cette approche considère donc que l'effet produit par le développement de la production et de l'utilisation des nanoparticules d'argent se fait ressentir moins par l'ajout de nouveaux mécanismes de toxicité que par l'augmentation de risques connus, en l'occurrence ceux qui sont liés aux propriétés biocides de l'argent. Voilà donc résolu le problème de l'incertitude sur l'existence : le cas étant trop complexe pour faire exister ces particules décidément trop instables, il est plus fiable, et plus raisonnable scientifiquement, de les incorporer dans un modèle qui ne fait pas de différence entre les tailles.

À la suite de ce rapport, Luoma poursuit son travail de recherche en cherchant à étudier les différences entre les effets du nano-

123. Titre traduit de l'anglais : *Nano Silver, Old Problems or New Challenges ?*, S. Luoma, 2007.

argent et ceux des ions argents. Alors que le nanoargent devient graduellement un objet de discussion publique, d'autres acteurs s'efforcent au contraire de réduire les effets du nanoargent à ceux des ions argent. C'est le cas des industriels de l'argent, regroupés au sein du Silver Institute, qui multiplient à partir de 2008 les interventions auprès de l'EPA pour montrer que le nanoargent n'est autre que l'argent colloïdal, dont il n'a jamais été démontré qu'il était dangereux, et qui peut être géré, selon eux, de façon appropriée en considérant que sa toxicité est réductible à celle des ions argent<sup>124</sup>. Cette position ne peut être tenue qu'en évitant de considérer les différences entre les formes, les tailles et les possibilités d'agrégation des nanoparticules d'argent – ce que font, on va le voir, des ONG mobilisées sur le sujet.

### **Mobilisation sociale pour faire exister le nanoargent**

Contrairement aux industriels du Silver Institute, des organisations américaines considèrent que les nanoparticules d'argent sont de nouvelles particules, qui ne sont pas traitées par les réglementations en place, et qu'il importe de prendre au sérieux. Elles font de l'existence du nano-argent un objet de mobilisation sociale.

L'International Center for Technology Assessment (ICTA) est une association qui a beaucoup œuvré pour la régulation de l'industrie chimique. Basée à Washington, elle s'est intéressée aux nanomatériaux et a envoyé en 2006 une première pétition à la Food and Drug Administration (FDA) pour demander la prise en compte des nanomatériaux dans la régulation administrative des substances chimiques. Cette première tentative n'a pas abouti. Elle a été suivie en 2007 d'une seconde : la pétition a cette fois-ci été adressée à l'Environmental Protection Agency (EPA), et s'intéresse exclusivement au nanoargent pour réclamer son

124. J. Delattre, M. Height et R. Volpe, "Comments of the Silver Nanotechnology Working Group for Review by the FIFRA Scientific Advisory Panel", EPA-HQ-OPP-2009-0683, 2009 ; Height, Murray, "Evaluation of hazard and exposure associated with nanosilver and other nanometal oxide pesticide products", présentation au Scientific Advisory Panel du FIFRA, 3-6 novembre 2009.

inscription comme pesticide au titre du Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act (FIFRA)<sup>125</sup>. Dans celle-ci, l'accent est mis sur la spécificité des nanoparticules d'argent comme substances chimiques. La pétition utilise un argument juridique qui consiste à faire remarquer que si des brevets ont été déposés pour les nanoparticules d'argent, c'est bien que des propriétés nouvelles leur ont été reconnues. À ce titre, faire l'hypothèse d'un effet toxicologique similaire à celui des autres états de l'argent est peu logique. La pétition mobilise de plus des études scientifiques qui isolent par des méthodes physico-chimiques les nanoparticules d'argent et font la différence entre elles, par exemple selon leur forme<sup>126</sup>. Le problème est donc posé de façon différente que dans le rapport Luoma. Tout l'objet de la mobilisation de l'ONG est de faire reconnaître l'existence des nanoparticules d'argent en tant que nouvelles substances chimiques, qu'on peut isoler par des méthodes physiques ou chimiques, qui ont des effets spécifiques dus à leur taille et à leur forme, et qu'on ne peut donc traiter en les réduisant à des sources d'ions argent.

### **De l'opposition sur l'existence à la mobilisation de la science**

Les incertitudes sur le nanoargent donne lieu en novembre 2009 à la convocation par l'EPA d'un panel d'experts, le Scientific Advisory Panel (SAP) du FIFRA. Après une série d'auditions, le SAP reconnaît dans son rapport final que l'argent à l'état nano-

125. *Petition for Rulemaking Requesting EPA Regulate Nanoscale Silver Products as Pesticides*. Federal Register: 19 novembre 2008 (Volume 73, N° 224). L'ONG décide donc de demander l'inscription comme pesticide par le biais du FIFRA plutôt que comme substance chimique par le biais du TSCA, cette dernière stratégie étant plus aléatoire. On pourra se reporter à l'article suivant pour plus de détails : L. Brice, « Une politique de l'existence. Traiter les risques des substances nano », CSI Working Paper ([www.csi.ensmp.fr/index.php?page=WP & lang=](http://www.csi.ensmp.fr/index.php?page=WP&lang=)), 2010.

126. Par exemple, l'étude d'Elechiguerra *et al.*, qui propose d'extraire des nanoparticules d'argent de diverses matrices solides (J. L. Elechiguerra *et al.*, "Interaction of silver nanoparticles with HIV-1", *Journal of Nanobiotechnology*, 3:6, 2005).

métrique a des effets spécifiques à sa taille, et relève que la définition du nanoargent pose problème<sup>127</sup> – ce qui ne nous surprendra pas. Il complexifie encore le problème en relevant, par exemple, que les risques spécifiques des agglomérats d'argent dont la taille est comprise entre 100 nanomètres et 1 000 nanomètres ne sont pas connus.

À la suite du travail du SAP, la question de la « réduction aux ions argent » (peut-on utiliser les données sur les ions argent pour évaluer les propriétés toxicologiques du nanoargent ?), centrale dans cette controverse, est largement décalée : les données disponibles sur l'argent lui-même sont loin d'être suffisantes aux yeux des membres du panel. De plus, même si on considère que le mécanisme présidant à la toxicité du nano-argent est la libération d'ions argent, alors les modalités de la circulation de ce dernier (qui elles-mêmes dépendent de nombreuses – et très variables – caractéristiques physico-chimiques) influent sur les quantités d'ions relâchés. Ainsi l'opposition entre « il existe des risques spécifiques dus au nano-argent » (position de l'ICTA) et « les risques du nano-argent sont réductibles à ceux des ions argent » (position des industriels) ne tient plus. La « réduction aux ions argent » ne peut plus être au centre de la discussion sur le risque de la substance, pour les mêmes raisons que celles qui fragilisent la distinction entre évaluation du danger et évaluation de l'exposition. Le travail du panel conduit en effet à considérer que les modalités de la circulation de l'argent dans les milieux naturels et/ou biologiques (la mesure de l'exposition dans l'analyse de risques classique) sont inséparables du danger de la substance, puisque les conditions physico-chimiques du milieu affectent les possibilités de « livraison » d'ions argent<sup>128</sup>.

127. SAP Minutes No. 2010-01, "A set of scientific issues being considered by the Environmental Protection Agency regarding: Evaluation of the hazards and exposure associated with nanosilver and other nanometal pesticide products", EPA, Washington DC.

128. Luoma lui-même parvient à cette position en poursuivant le travail sur la toxicité des nanoparticules d'argent à la suite de son rapport. Il explique lors d'un entretien que « l'hypothèse zéro n'est finalement pas un point aussi

Face à la difficulté à faire avec l'existence complexe du nano-argent et à l'impossibilité d'assurer un contrôle des substances, le SAP propose de poursuivre les travaux de recherche. La controverse sur l'existence du nano-argent est donc traitée par l'appel à l'expertise scientifique, dont l'agence fédérale espère qu'elle pourra trancher le problème<sup>129</sup>. La stratégie est vouée à ne pas pouvoir prendre en charge l'incertitude intrinsèque des substances nano, et donc à repousser indéfiniment la prise de décision. Malgré ses limites, l'appel à « plus de science » est un point d'arrivée partagé. C'est même la caractéristique principale du débat sur le nano-argent dans les pays européens, qui a lieu à la suite de la controverse américaine, alors que des ONG européennes s'inspirent du travail des ONG comme l'ICTA pour réclamer aux institutions européennes la prise en compte du nanoargent dans la réglementation des produits biocides. Leur position est explicitée en octobre 2009 lorsque Friends of the Earth intervient lors d'une réunion publique organisée par la DG Santé et Sécurité des Consommateurs de la Commission Européenne<sup>130</sup>, et dont une session est consacrée aux nanoargents. L'opposition entre industriels et ONG se rejoue alors sur le même mode que dans le cas américain : la représentante de Friends of the Earth affirme que le nanoargent est une nouvelle substance, dont les risques spécifiques imposent une réglementation spécifique, tandis qu'un industriel affirme que le nanoargent n'est autre que l'argent colloïdal. Face à cela, le représentant de la DG Sanco peut conclure à la nécessité d'en savoir plus sur les relations entre les caractéristiques physico-chimiques des nanoargents et ses effets toxicologiques.

central qu'on aurait pu le croire » : "What if the capacity for silver ion release is altered according to the capping agents, or the circulation of the nanosilver in particular places?" (Entretien avec l'auteur, mai 2010.)

129. La dynamique est typique de la situation américaine, où s'opposent la lutte juridique entre parties prenantes et le recours à la « bonne science » (voir chapitre 4).

130. 3<sup>e</sup> Safety for Success Dialogue, Bruxelles, octobre 2009. Cette réunion est la troisième d'une série de ces dialogues annuels sur les substances nano.

### Explorer les instruments de gestion

Les approches précédentes tentent de réduire l'incertitude : soit en ramenant les nanoparticules à un cas connu (celui de l'argent « non-nano »), soit en les isolant comme une nouvelle espèce chimique. Devant l'impossibilité de résoudre la dispute, le recours à l'expertise conduit à reporter à plus tard toute décision et donc à ne pas traiter les risques éventuels des substances. Un dernier exemple de traitement du nanoargent met en évidence une alternative possible dans les façons de gérer les incertitudes relatives aux substances nano.

Les nanoparticules d'argent sont abordées en France dans le cadre d'un dispositif original, le « Nanoforum », organisé en 2007 et 2008 au Conservatoire national des arts et métiers par l'association Vivagora avec le soutien du ministère de la Santé<sup>131</sup>. Le Nanoforum a consisté en une série de réunions publiques organisées au CNAM autour de thèmes concernant les nanotechnologies. Il était piloté par un groupe composé de représentants de l'administration, d'associations de la société civile, ainsi que d'universitaires « experts ». Après une série de réunions concernant des thèmes généraux liés aux nanotechnologies, le comité de pilotage s'est intéressé aux nanoparticules d'argent. Le thème permettait d'articuler de multiples enjeux, questions et incertitudes : quels besoins dans la société pour ces matériaux ? quelles incertitudes sur les risques ? quelles actions de l'administration ? Il s'agissait, au cours de quatre réunions publiques étalées de février à juin 2009, de passer en revue les informations disponibles et les outils à mobiliser pour traiter des risques potentiels des nanoparticules d'argent, en particulier l'évaluation risques/bénéfices et l'étiquetage.

L'intérêt de l'évaluation risques/bénéfices semble évident dans le cas des nanoparticules d'argent. Les bénéfices promis par les

usages possibles semblent superficiels pour beaucoup d'entre eux. Est-il absolument nécessaire de disposer de chaussettes anti-odeur grâce à l'imprégnation du textile par des nanoparticules d'argent, compte tenu des incertitudes sur le relargage de ces substances lors des lavages, puis de leurs effets sur les milieux ? Or la séance publique du Nanoforum consacrée à l'évaluation risques/bénéfices a mis en évidence la difficulté de mobiliser cet instrument de gestion des risques. Comment comparer « risques » et « bénéfiques » quand ni l'un ni l'autre ne sont connus ? Les risques sont incertains comme on l'a vu, et les bénéfiques, quant à eux, dépendent de scénarios d'usage et d'attentes de consommateurs qui sont encore à définir.

La nécessité de mettre en discussion le principe même d'un instrument de gestion sans le considérer comme un outil donné est encore plus évidente dans le cas de l'étiquetage, qui est lui aussi discuté au sein du Nanoforum. L'étiquetage est souvent une exigence des ONG. France Nature Environnement, par exemple, s'est positionné clairement en faveur d'un étiquetage complet des produits contenant des nanoparticules et rappelle cette position au cours du Nanoforum. Mais ce que permet de mettre en évidence la discussion publique qui s'ensuit, c'est l'ensemble de questions que soulève l'étiquetage : s'agit-il de tracer et d'étiqueter les matières premières ? ou bien le ou les produits finaux ? comment s'assurer de la validité de l'étiquetage ? faut-il la limiter à un pays ou l'étendre, et si oui, comment ?

Sans que le Nanoforum ne puisse fournir des réponses à ces questions, il met en évidence une façon d'aborder les risques des substances nano en prenant au sérieux l'incertitude relative à leur existence même : en discutant des caractéristiques de l'étiquetage ou de celles de l'évaluation risques/bénéfices, on s'interroge à la fois sur la définition des objets à traiter et sur les instruments à mettre en œuvre pour le faire. On voit le décalage entre l'exigence d'application d'instruments disponibles et « tout faits », et la prise en compte du fait que ce sont bien les modalités de ces instruments qui doivent être discutées. Ainsi l'étiquetage ou l'évaluation

131. On trouvera une présentation détaillée du Nanoforum dans Dab, William *et al.*, « Risques et bénéfices des nanotechnologies. Le besoin de nouvelles formes de débat public », *Annales des Mines. Responsabilité et Environnement*, n° 55, 2009.

risques/bénéfiques ouvrent de nombreuses questions, qu'il faut considérer comme autant d'opportunités pour définir collectivement les substances nano et les façons de les traiter. Entreprendre cette discussion, c'est donc aussi se poser la question des usages souhaités, de la nécessité des innovations et du sens qu'on veut leur accorder. C'est donc définir les « attentes sociales » que des dispositifs comme la méthode de l'IRGC considèrent comme une réalité qu'il suffirait de mesurer.

Le décalage que propose le Nanoforum est prospectif, au sens où il suggère « ce qu'il faudrait faire ». Certaines initiatives conduisent cependant à espérer que la discussion des instruments de traitement de l'incertitude puisse être effectivement mise en œuvre. Ainsi, des projets d'élaboration de normes destinées à être utilisées par les industriels consistent à s'interroger sur les paramètres pertinents à connaître, sur les attentes des associations de protection de l'environnement ou de protection des consommateurs qui prennent part à la discussion et sur les façons d'assurer des démarches de précaution. Le processus d'écriture de telles normes est donc une façon de mettre en discussion un instrument de définition des substances nano.

### **Faire de l'existence des substances nano un problème public**

De cette exploration des risques des substances nano, il faut retenir plusieurs choses. D'abord, l'incertitude est relative à l'existence même de ces objets, ce qui rend difficiles à mettre en œuvre les propositions de moratoires ou même de déclaration obligatoire qui de plus rencontrent l'opposition des acteurs industriels. Ensuite, l'existence des substances nano est une question politique : définir les substances nano, c'est aussi ouvrir la voie à la mise en place d'une régulation vouée à changer les pratiques des industriels – et le moindre critère technique choisi influe sur le périmètre des substances concernées. Enfin, la façon de faire avec les substances nano et leurs risques éventuels ne va pas de soi : les

démarches de traitement des risques sont diverses, et prennent en charge différemment l'incertitude sur l'existence des substances.

On a vu ici que certaines approches ne considèrent pas l'incertitude comme une question à traiter, et sont d'avis que les méthodes habituelles de traitement des risques suffisent – quitte à leur adjoindre des dispositifs de communication ou de mesures des perceptions du public. Ce sont ces perspectives qui alimentent en grande partie le discours de l'innovation responsable, et qui empêchent celle-ci de prendre au sérieux le problème fondamental qui est celui de l'existence des substances nano. D'autres approches existent cependant. On a vu des exemples de démarches fondées sur la précaution, qui consistent à encourager les industriels à assurer le confinement des espèces chimiques dont les risques sont mal connus, ou, comme dans le règlement européen relatif aux cosmétiques, à laisser ouvertes les possibilités de redéfinition des substances ou la liste des études à entreprendre. Face à l'incertitude relative à l'existence même des objets à traiter, l'exemple du nanoargent met en lumière une dynamique intéressante : l'opposition entre parties prenantes aux intérêts constitués (« pour » ou « contre » l'existence du nanoargent) peut être résolue par un recours à la science qui remet la décision à plus tard, ou bien (et c'est ce que suggère le Nanoforum) en considérant comme objets de la discussion politique les dispositifs qui vont faire exister les substances nano. Cette dernière démarche – qui peut s'articuler avec des choix relevant de la précaution – a l'avantage de prendre au sérieux les incertitudes relatives à l'existence des substances nano pour en faire un problème politique susceptible d'être traité collectivement.

Toutes ces façons d'aborder les risques des substances nano et leurs incertitudes sont autant de manières d'organiser la vie démocratique. Car les méthodes de gestion des risques sont porteuses d'un certain ordre politique. Si tout est affaire de communication du travail des experts, on voit bien que le rôle des non-experts se résume à être celui d'un grand public ayant pour tâche d'assimiler les résultats de travaux effectués par d'autres. Si la façon de traiter

le risque consiste à faire exister une nouvelle substance par la mobilisation sociale sur des enjeux ayant trait à la régulation des substances chimiques (c'est la démarche de l'ICTA), alors le fonctionnement politique suggéré est celui de l'implication de parties prenantes aux intérêts constitués par le biais de recours juridiques. Enfin, en proposant de mettre en discussion les instruments de gestion des risques, la démarche suggérée par le Nanoforum conduit à définir dans le même temps les substances nano et des « attentes sociales » qui ne sont donc pas supposées connues au départ.

### 3. Des nanotechnologies éthiques ?

#### Les questions éthiques des nanotechnologies

##### *L'association avec le transhumanisme*

Un problème éthique est associé aux nanotechnologies dès leur introduction dans les politiques scientifiques *via* les rapports de la NNI. Associées avec les « technologies convergentes pour l'amélioration des performances humaines », elles posent comme un objectif la transformation de l'individu. Les connexions entre nanotechnologies, biotechnologies, sciences cognitives et sciences de l'information sont censées permettre d'agir directement sur le corps, y compris sur les facultés mentales. Le programme de la convergence s'appuie sur des développements techniques récents. Certains d'entre eux permettent ainsi de diriger des stimulations électriques dans le cerveau afin de susciter une action corporelle. À terme, ce sont des traitements des maladies neuro-dégénératives qui sont envisagés. Pour l'heure, des chercheurs ont déjà démontré qu'ils pouvaient donner la possibilité à des handicapés de contrôler à distance, par la pensée, l'action d'un curseur sur un écran ou d'un bras mécanique<sup>132</sup>. Le contrôle, d'ailleurs, peut

132. Donoghue, John, "Connecting cortex to machines: recent advances in brain interfaces", *Nature Neuroscience Supplement*, 5: 1085-1088, 2002.

être le fait d'un agent extérieur : une étude a montré que des rats pouvaient être « téléguidés » et se voir ainsi dicter certains comportements<sup>133</sup>.

Toucher à « l'amélioration des performances humaines » amène évidemment à la question de savoir « ce qu'il convient de faire », si des normes ou des valeurs sont à mobiliser pour, peut-être, fixer des limites, ou bien déterminer les conditions de possibilité d'utilisation de ces technologies et surtout définir le « mieux » de l'humain. En cela le domaine fait émerger un problème éthique. Il est qualifié comme tel par les acteurs, et en premier lieu par ceux qui sont très favorables à l'amélioration des performances individuelles. Car les nanotechnologies ont suscité l'intérêt de mouvements se réclamant du transhumanisme, une pensée qui, en remettant en cause les frontières hommes/machines, humains/animaux, homme/femme, appelle à ce que l'individu puisse profiter du progrès technique pour agir sur lui-même et « augmenter ses capacités ». Le lien entre la mise en avant de la convergence des technologies par les acteurs de la politique scientifique américaine et les mouvements transhumanistes est flagrant. Un des éditeurs de plusieurs rapports de la NNI, William Bainbridge, est *senior fellow* de l'Institute for Ethics and Emerging Technologies, un *think tank* fondé par Nick Bostrom et James Hughes, dont les positions transhumanistes sont affirmées. Ray Kurzweil, un « futuriste » proche des milieux transhumanistes, vient donner son point de vue au Congrès sur les implications sociales des nanotechnologies.

Le transhumanisme est fondé sur une conception déterministe du développement technologique, qui considère la technologie comme dotée d'une logique propre, et qui conduit nécessairement vers toujours plus de progrès. Une ingénierie sociale, capable d'identifier les freins sociaux susceptibles de retarder l'avènement des technologies convergentes doit alors être mobilisée. Ainsi Bainbridge, sociologue des religions, considère qu'il sera nécessaire d'évaluer les résistances dues aux attentes des groupes

133. Talwar et al., "Behavioural neuroscience: Rat navigation guided by remote control", *Nature*, 417 : 37-38, 2002.

religieux, à leurs craintes, à leurs estimations des potentiels bouleversements induits par les nouvelles technologies.

Le transhumanisme est inséparable d'une perspective politique centrée sur l'individu et ses choix personnels. La « Déclaration transhumaniste » publiée par la World Transhumanist Association explique ainsi que « les transhumanistes défendent la liberté individuelle, et tout spécialement le droit pour ceux d'entre nous qui le désirent d'étendre les capacités mentales et physiques, et d'augmenter leur contrôle sur leur propre vie<sup>134</sup>. » Il faut alors – et c'est aussi ce que Kurzweil défend au Congrès<sup>135</sup> – assurer le « choix informé » des individus. Et pour cela, explique Bostrom, non seulement « l'éducation, la discussion, le débat public...<sup>136</sup> » sont nécessaires, mais aussi des « accélérateurs cognitifs », c'est-à-dire les objets mêmes (médicaments ou technologies agissant sur le cerveau) qui sont censés assurer l'augmentation des performances. Bostrom en vient ainsi à défendre une logique circulaire fondée sur la nécessité de développement technologique : il faut améliorer les performances afin de faire de meilleurs choix quant à l'amélioration des performances. James Hughes, dans un ouvrage programmatique annonçant le « citoyen cyborg », insiste quant à lui sur la nécessité d'adopter un « transhumanisme démocratique<sup>137</sup> », qui serait caractérisé par une attention à toutes les formes possibles d'articulation de l'identité individuelle et collective. Dans cette optique, il importe d'assurer la possibilité d'existence de groupes dont les identités sexuelles ou les caractéristiques physiques (qu'elles soient celles de « transhumains » aux performances « augmentées », ou d'handicapés) ne répondent pas aux

134. N. Bostrom, "The transhumanist FAQ. A general introduction", World Transhumanist Association

(<http://www.transhumanism.org/resources/FAQv21.pdf>) : p. 31, 2003.

135. R. Kurzweil, *Testimony presented April 9, 2003 at the Committee on Science, U.S. House of Representatives Hearing to Examine the Societal Implications of Nanotechnology*, 2003.

136. Bostrom, 2003 : p. 31.

137. J. Hughes, *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future*, New York, NY, Basic Books, 2004.

normes habituelles. Le transhumanisme effectue ainsi une critique virulente de la bioéthique qui n'est, pour lui, qu'une façon de réagir à la technologie en imposant des interdits fondés sur l'existence de frontières arbitraires (homme/machine, homme/animal). Sa version « démocratique » propose à l'éthique de s'assurer que tout est mis en œuvre pour que les identités de ces groupes nouveaux dont les identités se constituent avec et par la technologie ne rencontrent pas d'obstacle à la participation à la vie collective.

La position des transhumanistes permet de bien comprendre l'enjeu des questions éthiques des nanotechnologies : voici annoncé un « homme nouveau », et peut-être une nouvelle catégorie de personnes « améliorées » parce qu'elles auraient l'argent nécessaire pour accéder aux technologies de performance. La posture ne laisse pas indifférentes certaines instances. Aux États-Unis, le Presidential Council on Bioethics publie un rapport en 2004, *Beyond Therapy*, dans lequel il met en garde contre l'usage de nouvelles technologies qui pourraient porter atteinte à la dignité humaine. Les échanges se placent alors dans le cadre d'un débat entre « conservateurs » et « libéraux » en matière d'usage des technologies, les premiers en appelant à la dignité humaine, à la nature de l'individu, aux valeurs fondatrices de l'humanité, et les seconds à la liberté individuelle et au droit d'aménager son existence en fonction des technologies disponibles.

Aux rapports américains répondent dès 2004 des initiatives européennes, et en particulier un rapport publié par la Commission européenne<sup>138</sup>, dans le but d'identifier une approche européenne pour les programmes relatifs aux nanotechnologies et aux technologies convergentes. La distinction entre ingénierie *pour* l'esprit (*engineering for the mind*) plutôt qu'ingénierie *de* l'esprit (*engineering of the mind*) est à la base d'une approche européenne marquée par la précaution, la solidarité et le développement

138. Nordmann, Alfred (rapporteur), *Converging Technologies. Shaping the Future of European Society*, Commission européenne, Direction générale de la recherche, 2004.

durable, et pensée comme une réponse explicite aux programmes américains inspirés par le transhumanisme<sup>139</sup>.

### ***Au-delà de la question de l'amélioration des performances individuelles***

Aux nanotechnologies s'agrège donc un « problème éthique » au départ lié aux connexions avec le transhumanisme que la politique scientifique américaine avait elle-même suscitées. Il apparaît très vite que les questions d'augmentation des performances humaines ne sont pas les seules interrogations éthiques que suscitent les nanotechnologies. Ainsi l'annonce par Drexler de machines moléculaires capables d'auto-réplication fait s'intéresser certains aux possibilités de réplication incontrôlées de ces hypothétiques nanomachines. Ce scénario, dit du « *grey goo* » (de la « gelée grise »), est d'ailleurs décrit par Drexler lui-même dans ses *Engins de création*. Le roman de Michael Crichton, *La Proie*, déjà cité au chapitre 1, popularise la question, qui demeure cependant considérée largement comme de la science-fiction.

En revanche, l'utilisation des machines moléculaires naturelles comme une ressource est une réalité bien présente dans les programmes des nanotechnologies – que des objets comme l'ADN soient utilisés comme des instruments capables de remplir certaines fonctions (« l'ADN est une fermeture Éclair » explique le physicien Jean-Louis Pautrat dans *Demain le Nanomonde* en faisant référence à la capacité des deux brins de la double hélice d'ADN à se rassembler), ou que des phénomènes naturels soient considérés comme des modèles à imiter. Aux questions soulevées à propos de la mobilisation des objets du vivant comme ressource d'ingénierie s'en ajoutent d'autres, ayant trait à l'émergence de nouvelles propriétés. Si l'émergence est l'objectif attendu du travail à l'échelle nanométrique, comment la concilier alors, s'in-

139. Alfred Nordmann, le rapporteur du groupe de travail et auteur principal du rapport, montre à quel point l'enjeu pour les commanditaires de la commission avait trait à la définition de l'identité européenne, dans le cadre de la poursuite de la stratégie de Lisbonne (Nordmann, Alfred, "European Experiments", *Osiris*, 24: 278-302, 2009).

terrogent certains observateurs, avec le contrôle de la matière à l'échelle atomique<sup>140</sup> ?

Aux questions liées aux machines moléculaires s'ajoutent des interrogations sur l'usage futur des dispositifs de traçabilité – dont l'efficacité sera augmentée grâce à la miniaturisation des puces. L'utilisation massive de dispositifs de très petite taille permettant de transporter un grand nombre d'informations pourrait en effet permettre de tracer de façon différenciée des individus, sur le modèle de ce qui se fait déjà pour la gestion des stocks industriels. Enfin, les incertitudes sur les risques sanitaires portent en elles des questions politiques.

Face à la multiplicité des questions qui apparaissent, ou réapparaissent avec les nanotechnologies, il est tentant d'appeler à une analyse rationnelle de ce que sont les « vrais » développements scientifiques, pour ensuite examiner sereinement leurs implications et risques potentiels. Cette position a l'apparence du bon sens. Mais comme on le verra, elle propose une définition des nanotechnologies comme un ensemble de technologies non connectées entre elles qui ne peut rendre compte, par exemple, de la structuration de la politique scientifique américaine à partir d'objectifs proches du transhumanisme.

C'est que le « problème éthique des nanotechnologies » n'est pas donné, mais dépend des façons de circonscrire le champ des nanotechnologies. Choisir, par exemple, de faire des nanotechnologies un ensemble de technologies visant au développement des machines moléculaires exclut nombre de questions, notamment celle des risques sanitaires, du problème éthique. À l'inverse, considérer que les nanotechnologies sont un programme de politique scientifique à construire conduit, on le verra, à redéfinir le problème

140. La dualité de l'émergence et du contrôle a été analysée par Bernadette Bensaude-Vincent, qui remarque que les programmes de soutien aux nanotechnologies jouent à la fois sur l'attente de propriétés inattendues (« l'émergence ») et sur la manipulation précise de la matière à l'échelle atomique (le « contrôle »). Voir B. Bensaude-Vincent, « Les nanotechnologies : un terrain pour changer la science et la société ? » 6, *Cahiers du M.U.R.S.*, octobre 2006 : 9-20.

éthique. Pour comprendre la signification politique des nanotechnologies et les façons de les traiter en démocratie, il est donc crucial de ne pas considérer le problème éthique comme une donnée de départ. Au contraire, il s'agit de reconnaître que poser le problème éthique des nanotechnologies revient à définir à la fois les nanotechnologies et l'organisation politique permettant de les traiter.

### Éthique-vérité et éthique-politique

Les nanotechnologies voient s'opposer deux façons de faire de l'éthique. La première s'appuie sur la séparation entre les faits scientifiques et techniques, qu'il serait nécessaire d'établir rationnellement dans un premier temps, et les valeurs et principes éthiques, qui devraient ensuite être mobilisés pour s'assurer de la bonne intégration de la science dans la société. La seconde façon d'envisager le problème éthique des nanotechnologies est fondée sur la constatation que la situation d'incertitude dans laquelle se trouvent les nanotechnologies exige un dialogue pluraliste sur les modes de gestion des nouvelles technologies. Cette opposition est clairement à l'œuvre dans les instances publiques où ont été discutées les « implications éthiques » des nanotechnologies.

### Éthique-vérité et éthique-politique en France

En France, deux rapports sur les nanotechnologies ont été écrits par des comités d'éthique : le Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE) et le comité d'éthique du CNRS (Comets) ont tous deux publié un avis sur le sujet en 2006.

Le rapport du CCNE vise à « s'interroger spécifiquement sur les problèmes éthiques que pourraient poser les applications des nanotechnologies dans le domaine de la santé et du respect de la personne<sup>141</sup>. » Il relève, comme le fait le Comets, la tension entre

141. Les citations de cette section sont extraites du rapport du CCNE

volonté de contrôle et désir d'émergence et s'interroge sur l'identité du domaine. Le rapport fait la remarque suivante: « Pour le moment, les nanosciences ne semblent pas (encore ?) avoir modifié notre représentation de l'univers. » En conséquence, les auteurs constatent que « les problèmes éthiques sont, d'abord, ceux que pose habituellement le développement des technologies » : c'est-à-dire les problèmes de risques des nanoparticules. La question est alors de s'appuyer sur des faits scientifiques solides, et d'agir ensuite éthiquement en conséquence – en limitant, par exemple, les expositions aux substances qui se révéleraient dangereuses.

Le rapport ne s'en tient pas là et définit un autre versant du problème « éthique » :

Le discours ambiant présente un paradoxe, qui pose un problème éthique: on parle de développement révolutionnaire des nanosciences pour le traitement de toute une série de maladies aujourd'hui incurables ou difficiles à traiter... mais pour le moment, ce sont surtout des peintures, des capteurs d'airbag, des revêtements de route, des têtes d'imprimantes à jet d'encre, des cosmétiques... qui sont mis sur le marché par des fabricants.

Tout le problème éthique résiderait ainsi dans le défaut d'ajustement de l'information, dans le « manque apparent de publications et d'information sur les progrès de la recherche fondamentale ». Dans cette optique, il s'agit donc de régler le problème du « risque de déconnexion entre le discours et la réalité ».

C'est donc une éthique fondée sur le vrai, une « éthique-vérité », que propose le CCNE. Le comité insiste sur la connaissance, c'est-à-dire celle des faits, préalable absolument nécessaire à l'exercice d'un jugement sur les valeurs, y compris lorsque « le débat éthique semble précéder l'application », et que l'on « travaille dans l'incertitude ».

Une fois les faits établis, les valeurs à mobiliser sont celles pour le CCNE de la démocratie libérale: il s'agit avant tout de

« Questions éthiques posées par les nanosciences, les nanotechnologies et la santé », 2006, Avis n° 96, Paris, CCNE).

s'assurer que l'individu a accès à l'information la plus exacte possible, et peut donc, sur le modèle de l'acteur rationnel, prendre une décision personnelle en connaissance de cause en faisant jouer son « consentement libre et informé ».

En conséquence, les dispositifs de « débats publics » cités dans le rapport apparaissent dans les recommandations finales comme des outils pour la « diffusion de la culture scientifique, technologique et industrielle dans le domaine des nanosciences et nanotechnologies ». Dans cette approche de l'éthique, la solution à l'incertitude est en effet l'apport d'une « information la plus transparente possible sur les développements technologiques des acquis des nanosciences, et l'identité des acteurs de ces développements » – ce qui, on le comprend après le chapitre précédent, est voué à rencontrer des difficultés du fait de l'incertitude relative à l'existence même des substances nano..

Voilà l'éthique-vérité proposée de façon claire. Le rapport écrit par le comité d'éthique du CNRS (Comets) en 2007, et présenté publiquement en octobre 2008, permet de mettre en évidence une autre façon de définir le rôle de l'éthique. Moins philosophes qu'anthropologues, les membres du Comets ont procédé à une série d'entretiens avec les acteurs impliqués dans la recherche en nanotechnologies afin de mettre au jour les questions que les scientifiques eux-mêmes se posaient. La mission du comité d'éthique devient ainsi un travail d'explicitation des positions des acteurs sociaux et n'a pas pour objectif de réaliser une évaluation des « implications éthiques » liées aux nanotechnologies. L'objectif des recommandations « est moins de développer une *recherche éthiquement correcte*, à travers une série de normes ou d'interdits à respecter [...] que de développer une *vigilance éthique* par une série de mesures destinées à encourager la réflexion sur les valeurs et les fins de la recherche<sup>142</sup> ». Tout le travail de l'éthique consiste

142. Les citations de cette section sont extraites du rapport du Comets (Comité d'éthique du CNRS, *Enjeux éthiques des nanotechnologies*, 2006, Comets), Paris.

ici à appeler à la réflexivité individuelle et collective, c'est-à-dire à la possibilité pour les individus et les organisations d'explicitier les attentes et les incertitudes des projets entrepris pour se donner peut-être la possibilité de les modifier. Cet intérêt pour la réflexivité se traduit par la recommandation d'instaurer des « espaces éthiques » dans les laboratoires.

Le rapport du Comets s'interroge sur la nature de l'éthique, et se demande ce que pourrait être une « éthique appliquée aux nanosciences et aux nanotechnologies ». Pour les membres du Comets, il ne s'agit pas de « sacrifier la nature ou la personne humaine, pour instaurer une éthique du respect », mais de « s'interroger sur le type de rapports que l'on souhaite instaurer entre ces trois pôles fondamentaux de notre civilisation que sont : la nature, la technique et la culture ». S'interroger sur ce type de rapport, c'est donc se poser des questions d'ordre politique, susceptibles de se pencher sur l'articulation entre ces « pôles fondamentaux ». À l'issue de ce rapport, c'est une éthique comme expérience sociale qui est proposée : une éthique-politique donc, qui considère que son rôle est de susciter des interrogations collectives et qui, à la différence de l'éthique vérité perçoit les faits scientifiques moins comme des préalables à l'analyse éthiques que comme les résultats de celle-ci.

« Éthique-vérité » et « éthique-politique » sont parfois confrontées. L'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques (OPECST) consacre en 2006 une séance sur l'éthique des nanotechnologies. Les deux rapports CCNE et Comets y sont mentionnés, et la différence entre eux apparaît clairement. Jean-Claude Ameisen, directeur du comité d'éthique de l'Inserm et membre du CCNE insiste sur l'importance de la transparence et de l'accès à l'information, et rappelle ainsi les bases de l'éthique-vérité. Une philosophe et historienne des sciences, Bernadette Bensaude-Vincent, reprend les conclusions du Comets et sa vision de l'éthique politique en mettant en avant la nécessité de la « concertation avec les représentants de l'ensemble des parties intéressées : industriels, associations de consommateurs,

associations de malades, ONG, etc.<sup>143</sup> ». En effet, explique-t-elle, « les conseils et avis de ces acteurs sont indispensables pour éclairer les instances décisionnelles sur les attentes du corps social ».

Les deux positions reçoivent des échos différents lors de la séance de l'OPECST. L'éthique-vérité y est largement reprise en particulier dans le discours final du ministre de l'Industrie d'alors, François Loos, pour qui les nanotechnologies ne posent pas « de nouveaux problèmes éthiques » et pour lesquelles dans tous les cas « la solution ne se trouve pas dans le rejet de la science ». L'éthique-politique a beaucoup moins de succès dans l'enceinte de l'OPECST. Après l'intervention de Bernadette Bensaude-Vincent, elle est endossée surtout par la déléguée générale de Vivagora – une association qui milite pour la mise en démocratie des choix techniques et dont nous reparlerons au chapitre 5. Ces reprises des deux éthiques – par Loos et Vivagora – ne sont pas anodines, et montrent qu'elles ont des implications politiques très différentes. La première va avec un modèle dans lequel il est nécessaire que la bonne information soit bien comprise par le public. Cela impose de bien comprendre comment les individus « se représentent » les nanotechnologies, afin de corriger d'éventuelles erreurs dues à des filtres perceptifs. C'est ce qu'explique Jean Therme, directeur scientifique du CEA, aux membres de l'OPECST :

Des équipes de recherche nous ont rejoints sur le site de Minatoc et étudient comment on peut aborder ces questions éthiques, en étant en contact avec la société avec un langage qui ne soit pas scientifique. Elles réfléchissent beaucoup sur les représentations des nanotechnologies dans l'esprit d'une personne qui ne pratique pas les atomes au quotidien, avec toutes les peurs et les aspects rassurants que cela induit.

Ainsi l'éthique-vérité va-t-elle avec une démarche d'explication de la science qui mobilise des chercheurs en sciences

143. Les citations de ce paragraphe sont extraites du compte rendu de la séance de l'OPECT (« Nanotechnologies, risques potentiels, enjeux éthiques », auditions du 7 novembre 2006).

humaines, considérées alors comme des vulgarisateurs améliorés prêts à adapter le discours des nanotechnologies pour qu'il rencontre les intérêts supposés du grand public. Au contraire, l'éthique-politique suppose de s'interroger sur les décisions à prendre, de façon à en faire des sujets de discussion collective – ce que précisément Vivagora cherche à faire en mettant en œuvre des dispositifs de dialogue.

Ainsi éthique-vérité et éthique-politique s'appuient toutes deux sur des débats publics, mais dans des objectifs complètement opposés. Pour la première, il faut assurer la vérité de l'information. Pour la seconde, il faut engager une discussion collective sur les finalités de la recherche. Une situation d'incertitude comme celle que connaissent les nanotechnologies – incertitude sur la caractérisation physico-chimique des nanomatériaux mais aussi incertitude sur la nature des problèmes publics – fait douter de la possibilité pour l'éthique-vérité de parvenir à l'information vraie sur les faits des nanotechnologies. Quant à l'éthique-politique, les acteurs qui la mettent en avant dans des sphères institutionnelles comme l'OPECST donnent peu de détails pour indiquer comment la mettre en œuvre<sup>144</sup>.

### *Éthique-vérité et éthique-politique aux États-Unis*

Les deux éthiques ne se rencontrent pas qu'en France. Aux États-Unis, on les voit nettement s'affronter au cours des discussions à la chambre des représentants et au Sénat, qui conduisent en 2003 à la loi « d'appropriation » relative aux nanotechnologies, c'est-à-dire de financement public de la recherche en nanotechnologies. Deux membres du Congrès, Mike Honda, démocrate de Californie et Sherwood Boehlert, républicain de l'État de New York, sont à l'origine du texte et des auditions au Congrès. Eux-mêmes avaient introduit dans la proposition de loi la nécessité

144. Bernadette Bensaude-Vincent suggère cependant que la prise en compte des « conseils et avis » des acteurs de la société civile pour « éclairer les instances décisionnelles » supposerait de repenser le rôle de l'OPECST lui-même.

de l'intégration de la recherche sur les implications sociales et éthiques et la recherche scientifique – participant ainsi à la construction de la politique globale des nanotechnologies décrite au chapitre 1.

Ces auditions publiques<sup>145</sup> ont donc eu une influence directe sur l'écriture de la loi relative aux nanotechnologies. L'éthique comme discipline, « les études des implications éthiques » et celles des « implications sociétales » sont mêlées au cours des débats, et finalement, dans le texte de loi. À travers ces auditions émerge donc une identité du champ éthique qui n'est pas réservée aux éthiciens, mais concerne de multiples acteurs. En témoigne le fait que scientifiques et industriels soient majoritaires parmi les personnalités entendues durant ces auditions.

Au cours de ces discussions, le contenu des « implications éthiques » des nanotechnologies est très rapidement abordé et, pour tout dire, n'est pas considéré comme problématique. Il est rappelé rapidement par le philosophe Davis Baird : les questions de respect de la vie privée, les enjeux relatifs à la transformation de l'humain et les risques sanitaires des nanomatériaux sont évoqués. Mais au cours de ces discussions au Congrès il importe moins d'explorer le contenu des problèmes éthiques que de s'entendre sur les façons de soutenir la recherche sur les implications éthiques et sur les objectifs de celle-ci.

145. Les auditions de mars 2003 du Science Committee de la chambre des représentants sont exploratoires et visent à identifier les « inquiétudes sociétales et éthiques » liées aux nanotechnologies. Celles d'avril 2003 sont directement liées au futur vote du 21st Century Act et voient donc les intervenants faire des suggestions aux membres du comité quant aux dispositifs à mettre en œuvre pour le traitement des aspects éthiques des nanotechnologies. Les auditions de mai 2003 du comité du commerce du Sénat sont consacrées à l'examen de l'ensemble du projet de loi et, contrairement aux deux autres, ne sont pas spécifiques aux « implications sociétales et éthiques », qui cependant sont mentionnées dans la discussion à de multiples reprises.

À l'ouverture des discussions d'avril 2003, le représentant républicain Boehlert définit le problème des études des implications éthiques de la façon suivante :

La technologie, comme la plupart des entreprises humaines, mène inévitablement à des conséquences positives et négatives. Nous pouvons être sûrs que les nanotechnologies ne seront ni l'explosion prédite par les technophiles, ni le désastre complet décrit par les technophobes. La vérité sera entre les deux, et l'identifier en vaut la peine<sup>146</sup>.

À travers l'appel à l'examen des « conséquences positives et négatives », Boehlert définit les études des implications éthiques comme un problème d'évaluation bénéfices/risques absolument nécessaire au succès de la politique scientifique. Pour nombre d'intervenants en effet, les nanotechnologies ont un « potentiel » pour lequel il faut s'assurer de la réalisation, une position qui est à la base de la démarche d'innovation responsable. Des travaux sont à mener pour établir la « vérité », qui sera entre la position des « technophiles » et des « technophobes ».

« Examens et dialogues » au sujet des « implications éthiques » reviennent souvent au cours des auditions. On voit à leur sujet émerger une batterie de rôles distincts pour différents acteurs : au cours des discussions, ce ne sont pas des éthiciens dont on parle le plus, mais bien des scientifiques et des industriels. À eux de s'impliquer dans la prise en compte des « inquiétudes sociales et éthiques », à travers, avant tout, des dispositifs de dialogue. Les intervenants insistent sur la nécessité de « l'éducation du public » et, de façon plus générale, sur l'importance de « l'information juste sur les nanotechnologies ». Pour Carl Batt, codirecteur du Nanotechnology Center, il faut expliquer au public que « les nanotechnologies ont un impact très positif sur nos vies », afin d'éviter « les peurs qui accompagnent souvent le développement techno-

146. Intervention lors des auditions devant le Committee on Science de la Chambre des Représentants (9 avril 2003). Les citations de ce paragraphe sont extraites de la transcription de ces auditions, elles ont été traduites par l'auteur.

logique ». James Roberto, directeur du Oak Ridge National Laboratory poursuit en affirmant que les questions éthiques sont « légitimes », même si elles ont pu être « exagérées » dans les médias. C'est pourquoi, selon lui, il est important que le public soit familiarisé avec ces questions.

Pour ces intervenants, les études des implications éthiques des nanotechnologies devraient avant tout s'assurer que les informations disponibles sont correctes. La connaissance experte – y compris en éthique – ne suffit pas, il faut prévoir des dispositifs de communication et des programmes d'interaction, qui sont liés explicitement dans l'extrait ci-dessus à l'appel législatif visant à l'étude des implications sociétales et éthiques. « L'étude des implications sociétales et éthiques » devient donc moins une « étude » en tant que telle qu'un dispositif de transfert qui doit s'assurer de la validité des informations sur lesquelles est fondée la discussion publique, afin de rendre possible l'exercice d'un choix éclairé. Car dans cette perspective, la société est faite d'individus autonomes, censés choisir de façon rationnelle entre plusieurs options proposées par le développement technologique.

L'éthique-vérité est donc clairement explicitée lors des discussions au Congrès, et fournit leur cadrage principal, en associant dans l'appel général à la « bonne information » les scientifiques et les futuristes, les promoteurs des nanotechnologies et les penseurs se réclamant du transhumanisme.

L'éthique politique quant à elle est bien moins présente, et avant tout visible par l'intervention d'un chercheur en sciences politiques, Langdon Winner, dont les travaux sur la technologie ont conduit à affirmer que les artefacts techniques « ont un sens politique<sup>147</sup> ». Son intervention au Congrès en avril 2003 sera ensuite largement reprise par les chercheurs en sciences sociales intervenant sur les nanotechnologies.

147. L. Winner, *La Baleine et le Réacteur*, Descartes, Paris, 2002.

En critiquant la bioéthique pour sa tendance à être « un peu trop proche des chercheurs scientifiques » et donc à ne jamais remettre fondamentalement en cause leurs décisions, Winner insiste sur la nécessité de définir une nouvelle place pour l'éthique. Pour Winner, il est impossible de définir des « implications éthiques » des nanotechnologies alors que le domaine est encore en construction. Traiter ces implications incertaines doit donc être un travail politique plus que scientifique. La réponse de Winner à la question finale du comité – « Comment la recherche sur les questions d'éthique et de société liées aux nanotechnologies peut-elle être intégrée dans le processus de recherche et de développement ? » – le montre. Elle s'appuie sur l'impossibilité pour Winner d'identifier ce que peut être une recherche sur les « inquiétudes éthiques » qui ne serait pas en même temps une recherche politique. Elle suggère de mettre en place des mécanismes de délibération avec le « grand public », comme avec « des parties prenantes », qui permettraient d'associer des profanes à la production de la politique scientifique, et assurerait la présence d'un regard extérieur à celui de la science, tout entière plongée dans la défense du développement technologique. Pour Winner, ce n'est donc pas une recherche sur les implications éthiques qui doit être financée par le budget fédéral, mais des initiatives qui conduiront à effectuer une recherche politique aux conséquences politiques, afin de s'interroger sur les objectifs et sur les institutions à mettre en place.

À l'OPECST, la confrontation entre éthique-vérité et éthique-politique se conclut par la victoire de la première. Au Congrès américain, la situation est moins claire. Le *Nanotechnology Act* qui en est le résultat prescrit l'établissement d'un « programme de recherche voué à identifier les questions éthiques, légales, environnementales liées aux nanotechnologies ». Voilà donc repris un élément clé de l'éthique-vérité. Mais le texte législatif ajoute aussi que « la recherche sur les questions sociétales, éthiques et environnementales » comme les « apports du public » doivent être

« intégrés » dans les programmes de développement des nanotechnologies. Il laisse donc ouverte la possibilité de poser le problème éthique des nanotechnologies dans les termes de l'éthique politique.

### ***Deux éthiques – Deux modèles d'organisation démocratique***

À l'éthique-vérité s'oppose l'éthique-politique. Le répertoire dominant dans les milieux administratifs et politiques qui définissent la politique scientifique est bien l'éthique-vérité, ce qui ne l'empêche pas de coexister avec l'éthique politique, au prix d'une ambiguïté permanente à propos du rôle des « publics », des chercheurs en science humaine, et des scientifiques. D'une part sont exigés des études de public ou des programmes qui associent nanotechnologies et art, pour représenter au mieux les nanotechnologies en fonction des attentes et des « imaginaires sociologiques ». D'autre part, sont mis en œuvre des dispositifs de dialogue dans l'objectif d'intégrer différentes parties prenantes à la discussion publique.

Dans l'opposition qu'on a vue se dessiner ici, les implications éthiques des nanotechnologies ont été peu explorées. Très rapidement mentionnées et considérées comme évidentes au cours des discussions, elles importent finalement peu pour les acteurs qu'on a rencontrés jusqu'à présent. Pour les tenants de l'éthique-vérité, l'appel à l'« analyse rationnelle » a un effet automatique : si on suit la bonne méthode, le raisonnement rationnel permet d'atteindre la vérité des faits, quels qu'ils soient – ce qui empêche de prendre en compte, on le devine, les situations d'incertitude sur l'existence des substances rencontrées au chapitre précédent. L'éthique politique affirme qu'on ne peut savoir à l'avance ce que vont être les problèmes, et qu'il est nécessaire en conséquence d'associer le plus grand nombre d'acteurs à la gestion collective des nanotechnologies. En cela, elle se résume souvent à une approche qui considère que des principes de procédure (comme le pluralisme ou la transparence) doivent être à la base de la prise de

décision publique, au risque de ne pas s'intéresser à la définition des problèmes eux-mêmes.

Il est donc nécessaire d'examiner d'autres sites où est discutée la question éthique des nanotechnologies pour voir comment elle est abordée par des éthiciens, chercheurs en sciences sociales, experts des « implications sociétales » des nouvelles technologies. On examinera ainsi comment ceux qui veulent étudier les implications éthiques des nanotechnologies posent le problème, et proposent des instruments pour le traiter – et comment ces tentatives sont connectées à l'éthique-vérité ou à l'éthique-politique.

## Les impasses de l'éthique-vérité

### *Approches libérale et conservatrice de l'éthique-vérité*

L'éthique-vérité apparaît nettement dans les positions de certains éthiciens qui clament que les nanotechnologies ne sont pas un problème nouveau. Pour eux, les problèmes sanitaires sont une question évidemment à traiter, mais ne posent pas de problème spécifique : qu'on mesure les risques, et on agira en conséquence. Quant aux développements futurs des nanotechnologies, il s'agit de décomposer le mythe, de séparer le « hype » du « hope », selon ce mécanisme qui a l'apparence du bon sens, mais qui ne peut rendre compte du fait que les nanotechnologies sont avant tout une politique scientifique associant discours et pratiques, lectures du passé et mobilisations du futur. Par exemple, les machines moléculaires doivent être étudiées, afin d'évaluer ce qui se passe réellement dans les laboratoires : parler de *nano-copter* sera considéré ainsi abusif et trompeur. On veut faire croire à des machines moléculaires qui n'en sont pas vraiment, ce sont des « mauvaises métaphores ».

Puisque dans cette optique, on veut éviter de reprendre ces discours futuristes, il importe alors de disposer d'une évaluation raisonnable des faits par les scientifiques. Une fois cette première étape accomplie, on peut faire ensuite jouer des principes éthiques, dont la définition est l'affaire des éthiciens. Le type de débat qui

peut avoir lieu prend alors la forme d'échanges comme ceux, très courants aux États-Unis, qui se jouent entre les versions « conservatrice » et « libérale » de la dignité humaine, la première mettant en avant la nécessité de préserver l'essence de l'être humain, et donc de limiter les interventions technologiques, la seconde, la liberté nécessaire de l'individu. Dans les deux cas, le problème éthique consiste à fixer des frontières et des définitions. Dans les deux cas, c'est bien d'éthique-vérité dont on parle. Pour les conservateurs, il s'agit de définir la frontière entre les interventions acceptables sur l'espèce humaine et celles qui ne le sont pas, en vertu d'une définition de la dignité humaine, par exemple fondée sur des préceptes religieux<sup>148</sup>. De même, la frontière entre l'usage légitime et non légitime du vivant doit être tracée, en fonction, là encore, de la vérité d'une « valeur » (celle du vivant) que des éthiciens sont considérés comme habilités à repérer. Pour les libéraux, les valeurs à mobiliser prennent place dans le cadre du « consentement éclairé » : une fois les informations sur une technologie fournies à un individu, celui-ci peut décider ou non de l'utiliser, à condition qu'elle ne cause pas de dommages à d'autres individus. La question est alors de définir les « dommages » et les cas limites, qui concernent des individus qui ne peuvent prendre seuls des décisions raisonnées. Par exemple, si l'éthicien libéral accepte le principe de l'amélioration des performances individuelles dans le cadre du consentement éclairé, il s'interroge sur la possibilité pour des parents « d'augmenter » les performances de leurs enfants, dans la mesure où l'autonomie de l'enfant est discutable<sup>149</sup>. Le mode d'argumentation est alors celui de la bioéthique. Il consiste à s'assurer de l'application du principe d'autonomie de bienfaisance et d'équité<sup>150</sup>.

148. Une réflexion sur le concept de dignité humaine a été menée par le President's Council on Bioethics (*Human dignity and bioethics*, Washington DC, mars 2008).

149. L'exemple est rapporté lors d'une interview de l'auteur avec le philosophe James Moor, tenant de la version libérale de l'éthique-vérité (entretien téléphonique, février 2009).

150. The National Commission for the Protection of Human Subjects of

Sous ses deux versants conservateur et libéral, cette perspective s'appuie sur la séparation entre les « faits » (fournis par les scientifiques) et les « valeurs éthiques » (définies par les éthiciens). La façon de poser le problème éthique considère que les individus qui ne sont ni scientifiques ni éthiciens n'ont qu'à attendre le résultat des travaux de ces experts pour prendre une décision individuelle (dans la vision libérale) ou bien suivre les normes édictées par les éthiciens (dans la vision conservatrice). Cette façon de faire de l'éthique, et plus précisément de l'éthique-vérité, connaît un certain succès dans les milieux administratifs de la définition de la politique scientifique. On a vu sa présence à l'OPECST, dans le rapport du CCNE, et, aux États-Unis, lors des auditions au Congrès. Mais elle est rarement mobilisée sans aménagement parmi les éthiciens intéressés par les nanotechnologies. La raison en est simple : considérer ainsi le cas des nanotechnologies ne peut qu'amener à l'impuissance face à leurs développements futurs. S'il faut attendre de disposer de tous les faits scientifiques pour se poser des questions éthiques, on risque fort de se trouver face à une technologie peut-être contestable, mais qui serait déjà trop développée pour être ralentie. Ainsi, les anticipations relatives aux développements futurs des nanotechnologies, plus ou moins opérationnalisées dans les instruments de la politique scientifique mais n'étant pas, par définition, fondées sur des faits scientifiques existants, échappent à l'éthique vérité.

### ***L'éthique-vérité interactionniste***

Certains éthiciens tentent de surmonter les problèmes de l'éthique-vérité. Trois bioéthiciens, parmi lesquels figure Peter Singer, un grand nom de la bioéthique, appellent ainsi à « prendre garde à l'écart » entre le développement des nanotechnologies et la prise en compte de leurs implications éthiques<sup>151</sup>. Pour eux, le

Biomedical and Behavioral Research, *Ethical Principles and Guidelines for the Protection of Human Subjects of Research*, 1979, Department of Health, Education, and Welfare.

151. Mnyusiwalla, Anisa, Abdallah S. Daar and Peter A. Singer, "Mind the gap: science and ethics in nanotechnology", *Nanotechnology*, 14:9-13, 2003.

décalage entre le développement des nanotechnologies et la mise en œuvre de mesures éthiques risque d'être dommageable. Pour beaucoup d'éthiciens qui s'interrogent sur la gestion de cet « écart », la solution à adopter est alors celle de l'interdisciplinarité : sont mises en avant des « relations étroites » et des « interactions constantes » entre science et éthique. Ainsi, Patrick Lin, auteur prolifique dans le champ de la nanoéthique et directeur du Nanoethics Group, qui rassemble une petite dizaine de philosophes anglophones, avance l'idée de « rattrapage continué<sup>152</sup> » : le rôle de l'éthique est pour lui de s'assurer du suivi permanent des avancées scientifiques afin de pouvoir réagir le plus rapidement possible à mesure que de nouvelles questions se posent. Pour Lin, c'est dans cette approche en amont que réside la différence entre nanoéthique et bioéthique. Que les problèmes eux-mêmes ne soient pas spécifiques aux nanotechnologies ne change pas l'essentiel : il est nécessaire d'agir en assurant des « interactions étroites et constantes » entre science et éthique.

Une fois cette considération faite, qu'en déduire sur le rôle de l'éthique ? Pour beaucoup de ceux qui parlent d'« interactions constantes », seules les méthodes de la bioéthique sont pertinentes : à partir d'une évaluation des faits technologiques, il s'agit de s'assurer du consentement éclairé des individus et, à l'échelle des sociétés, de faire en sorte que les bienfaits des nouvelles technologies soient répartis équitablement. Sur le modèle de ce que ces mêmes éthiciens proposaient pour les biotechnologies<sup>153</sup>, les nanotechnologies peuvent devenir alors un outil à maîtriser pour s'assurer du développement des pays les moins industrialisés<sup>154</sup>. On a là une position plus sophistiquée que l'éthique-vérité

152. P. Lin, "Nanotechnology bound: evaluating the case for more regulation", *Nanoethics*, 1 : 105-122, 2007.

153. A. S. Daar, K. Berndtson, D. L. Persad et P. A. Singer, "How can developing countries harness biotechnology to improve health?", *BMC Public Health*, 7 : 346, 2007.

154. F. Salamanca-Buentello, D. L. Persad, E. B. Court, D. K. Martin, A. S. Daar, P. A. Singer, "Nanotechnology and the developing world", 2005, *PLoS Med* 2(5) ; P. A. Singer, F. Salamanca-Buentello, A. S. Daar,

« première manière », mais qui, fondamentalement, ne s'en éloigne pas. L'essentiel est bien de maintenir la séparation faits/valeurs, quitte à en faire un objet à recréer en permanence à mesure que la technologie est développée. Il faut s'assurer de la vérité des faits, puis faire jouer des valeurs ou des principes éthiques en fonction des « vides éthiques » rencontrés (selon l'expression de l'éthicien James Moor, membre du Nanoethics Group), dans un mouvement d'interaction constante entre science et éthique. On peut donc convenir de qualifier d'« interactionniste » cette version de l'éthique-vérité.

Il est frappant de constater la proximité de l'éthique « interactionniste » avec le répertoire de l'innovation responsable, telle qu'elle est définie dans la politique scientifique américaine notamment, et qui s'en trouve ainsi renforcée. Comme l'éthique-vérité interactionniste, l'innovation responsable suppose de mobiliser des méthodes maîtrisées par des spécialistes compétents dans leurs domaines, qui pourront faire jouer leur expertise en travaillant de façon interdisciplinaire à mesure que les connaissances avancent (les leurs et celles des scientifiques). Ici l'interdisciplinarité revendiquée va avec une grande stabilité des identités professionnelles : les scientifiques fournissent les faits, les éthiciens les méthodes qui permettent d'identifier les valeurs à défendre sur le modèle de ce qui a été fait sur d'autres technologies. Ainsi, les mêmes éthiciens interactionnistes ont travaillé sur « l'éthique de l'informatique », qui a pour eux les mêmes caractéristiques que les nanotechnologies. De même que l'informatique permet des bouleversements dans tous les domaines grâce à la « malléabilité numérique », les nanotechnologies seraient elles aussi une technologie révolutionnaire du fait de leur « malléabilité matérielle <sup>155</sup> ». Patrick Lin s'intéresse à « l'éthique de l'espace <sup>156</sup> » pour retrouver

“Harnessing nanotechnology to improve global equity”, 2005, *Issues in Science and Technology*, été 2005 : 57-64.

155. J. Moor, “Why we need better ethics for emerging technologies”, *Ethics and Information Technology*, 7(3): 111-119, 2005.

156. P. Lin, “Space ethics. Looking before another leap for mankind”, *Astropolitics*, 4:281-294, 2006.

les mêmes accents que sur les nanotechnologies : il faut « s'interroger avant un autre saut technologique ». Ses collègues du Nanoethics Group prennent position sur l'amélioration génétique en mettant en avant, une fois de plus, le consentement éclairé <sup>157</sup>. Le principe de base étant la mobilisation des méthodes relevant d'une expertise éthique indépendante des questions sur lesquelles elles s'appliquent, les éthiciens peuvent faire voyager leurs méthodes et leurs approches : des biotechnologies aux nanotechnologies, de l'informatique aux technologies convergentes.

Lorsqu'elle se penche sur les risques sanitaires, l'éthique-vérité interactionniste peut se revendiquer du principe de précaution en suggérant que les mesures de protection doivent être adaptées à mesure que des résultats scientifiques nouveaux apparaissent (par exemple, les protections maximales pour les travailleurs mises en place initialement sont ensuite adaptées quand les données sont disponibles). Mais les risques sanitaires ne sont un problème simple qu'à la condition de supposer réglée la question de la caractérisation des substances, qui est précisément, comme on l'a vu, le cœur du problème. Or l'éthique-vérité interactionniste, en attendant toujours les faits scientifiques, ne se donne pas les moyens de prendre au sérieux cette question. Elle est condamnée à reprendre toujours les mêmes évidences sur les risques – il faut les « minimiser », afin de « maximiser » les bénéfices de l'innovation – et préfère d'ailleurs considérer que les risques sanitaires ne posent pas de problème éthique.

Si elle choisit d'écarter la question des risques sanitaires, l'éthique-vérité interactionniste semble bien démunie pour traiter des autres problèmes éthiques potentiels des nanotechnologies. En s'intéressant à l'amélioration des performances humaines, elle mettra en avant, par exemple, le consentement éclairé et des « conditions de justice » (censées assurer la répartition équitable des technologies), qu'il est de sa seule compétence de définir et de

157. F. Allhof, “Germ-line genetic enhancement and Rawlsian primary goods”, *Kennedy Institute of Ethics Journal*, 15(1), 2005.

considérer comme des valeurs universelles, en tentant de les appliquer à des technologies spécifiques... pour conclure souvent qu'il faut attendre les développements futurs des technologies pour en dire plus. Sur un domaine fondé en grande partie sur l'anticipation, comme les machines moléculaires, les éthiciens interactionnistes ont peu de ressources, à part dire qu'« il faudra s'interroger sur ce que doit faire la société », ou bien revenir au dilemme entre conservatisme et libéralisme.

Ainsi, l'éthique-vérité interactionniste se contente de marteler la nécessité des « interactions », du « regard de l'éthique » sur les évolutions techniques, et se révèle peu productive : elle est condamnée à réagir toujours en retard au développement des technologies, et à s'en tenir à des évidences.

### *Une éthique politique procédurale ?*

La difficulté de disposer de données scientifiques précises sur les nanotechnologies est une motivation suffisante pour pousser certains éthiciens à emprunter d'autres voies que celles de l'éthique-vérité. Puisque les faits n'existent pas encore, puisque les valeurs mêmes sont contestées dans la société contemporaine, peut-être est-ce sur des principes de procédures comme la transparence ou le pluralisme qu'il est possible de s'accorder.

On peut comprendre ainsi la démarche adoptée par la Direction Générale de la recherche de la Commission européenne lorsqu'elle publie en février 2008 un code de conduite sur la recherche en nanosciences et nanotechnologies<sup>158</sup>. Le code de conduite prend la forme d'une « recommandation » de la Commission aux états membres (donc sans valeur contraignante) et sera ensuite fréquemment cité par les fonctionnaires européens, pour qui il symbolise la volonté européenne d'assurer le « développement responsable » des nanotechnologies.

158. Commission Recommendation of 07/02/2008 on a Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research.

Pour établir ce code, la DG Recherche choisit de suivre des principes de procédure. Dans la droite ligne de la « gouvernance » européenne telle qu'elle est définie, par exemple, dans le *Livre Blanc* de 2001<sup>159</sup>, un « document de consultation » est proposé comme base de travail pour recueillir les avis des parties intéressées par le futur code de conduite. Ce document est fondé sur des « principes européens fondamentaux » comme la « précaution », « l'inclusion » (des parties prenantes) et « l'intégrité », dont le futur code devrait s'assurer du respect<sup>160</sup>. La consultation apparaît comme une occasion de discuter de la nature de ces « principes européens », et de la manière de les appliquer aux nanotechnologies. Les industriels tendent à multiplier les principes (« transparence », « sécurité », « ouverture »...) en les considérant indépendants des domaines sur lesquels ils sont appliqués, tandis que les ONG, tout en allongeant elles aussi la liste des principes, défendent l'existence spécifique des substances nano et l'évolution de la réglementation pour les prendre en compte<sup>161</sup>.

À la suite de la consultation, le code étend la liste des principes en ajoutant entre autres la « durabilité », l'« excellence » et la « responsabilité », tout en proposant des restrictions à la recherche en nanotechnologies, notamment « l'amélioration des êtres humains à des fins non thérapeutiques » et « les expériences impliquant l'introduction des nano-objets dans le corps humain ».

Ainsi, à la fois le procédé d'écriture du code de conduite et les règles édictées par celui-ci mettent en avant des principes censés caractériser « l'identité européenne » – par opposition aux concurrents américains ou asiatiques pour qui « l'inclusion » ou la « précaution » n'auraient pas le même poids.

159. Commission Européenne, *Livre Blanc sur la Gouvernance*, 2001.

160. Commission Européenne, "Towards a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies", *Consultation Document*, juillet 2007.

161. Commission Européenne, "Towards a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies. Analysis of results from the public consultation", 2007.

On arrive donc à une éthique politique procédurale qui ne prétend pas se fonder sur la vérité des faits mais sur le respect de principes supposés partagés. Dans le cas du code de conduite, l'approche procédurale permet aux institutions européennes de mettre en œuvre le principe de subsidiarité : puisque l'éthique est du ressort des états membres, la Commission européenne propose de suivre des règles communes au sein desquelles les particularités nationales peuvent jouer. L'éthique procédurale se fonde sur la possibilité de l'accord sur les principes. L'hypothèse est forte, et peut être mise en doute dans le cas du code de conduite. Le principe de « responsabilité » (*accountability*) suscite ainsi des interrogations : le scientifique peut-il être responsable (y compris légalement) de toutes les conséquences des recherches qu'il entreprend en laboratoire<sup>162</sup> ? Les incertitudes à ce sujet font que le principe de responsabilité fait partie des composantes les plus controversées du code de conduite<sup>163</sup>.

Par ailleurs, l'approche procédurale de l'éthique suppose qu'il est possible de séparer les principes à suivre du « fond » des questions, qui lui est censé pouvoir être traité éventuellement différemment par chacun des acteurs concernés. Là encore, l'exemple du code de conduite est instructif : la mobilisation des « principes européens » conduit les auteurs du code à définir des domaines de recherche « éthiquement acceptables ». Par cette opération, le code franchit la frontière les « principes » et les « problèmes » sans pour autant disposer de l'infrastructure nécessaire pour stabiliser l'existence des domaines (« nano-objets dans le corps humain » ou « amélioration non thérapeutique ») dont il prétend préserver l'espace européen de la recherche. Les commentateurs invités par la Commission ne s'y trompent pas, en déplorant le peu de signification des restrictions proposées<sup>164</sup>. On voit ainsi à travers

162. R. Jones, « Are you a responsible nanoscientist ? », *Nature Nanotechnology*, 4 juin 2009 : 336.

163. Notamment lors de la première révision du code en 2010 (Commission européenne, « Première révision de la recommandation pour un Code de conduite. Analyse des résultats issus de la consultation publique », 2010).

164. D. Bruce, « Governance of Nanotechnology: EC code strengths and

l'exemple du code de conduite que l'éthique procédurale risque fort de ne pas parvenir à stabiliser la frontière entre les principes et les problèmes sur laquelle elle se fonde, ou bien à ne produire que des déclarations de principe (« on prend en compte les risques », « on discute avec le grand public ») sans pouvoir saisir les enjeux de la constitution des substances nano et de la définition des problèmes publics.

## Contre l'éthique-vérité et l'éthique procédurale

### Retrouver l'extériorité de l'éthique ?

Les éthiciens ne forment pas un groupe consensuel. Le bon sens apparent de l'éthique-vérité n'est pas accepté par certains d'entre eux, pour qui l'interaction constante entre science et éthique fait perdre de vue la distinction fondamentale à opérer entre les avancées scientifiques et les visions du monde qu'elles proposent. C'est ce qui ressort des travaux du philosophe Jean-Pierre Dupuy, qui se positionne explicitement « contre les théories éthiques » en affirmant qu'elles ne font que reproduire la constitution de la politique scientifique déterminée par les acteurs les plus puissants<sup>165</sup>. Si Dupuy rejette une éthique spécifique aux nanotechnologies, une « nanoéthique », c'est pour proposer de mettre en place un tout autre mode d'évaluation du développement technologique. Pour Dupuy, les nanotechnologies sont marquées par un « programme métaphysique » fondé sur le contrôle de la nature et la soumission de l'humain au développement technologique qu'il est nécessaire d'identifier pour, si besoin, en dénoncer les présupposés. La réponse de Dupuy à la version interactionniste de

weaknesses », présentation à la première conférence sur le code de conduite européen, Bruxelles, 7 mai 2008.

165. On pourra consulter notamment Jean-Pierre Dupuy et Alexei Grinbaum, « Living with uncertainty: Toward the ongoing normative assessment of nanotechnology », 2004, *Technè*, 8(2): 4-25; J.-P. Dupuy, « Complexity and uncertainty: toward a prudential approach to nanotechnology », 2007, dans F. Allhoff *et al.*, *Nanoethics: the Social and Ethical Implications of Nanotechnology*, J. Wiley, Hoboken, NJ: 119-131.

l'éthique-vérité conduit donc à revenir à une séparation ferme entre le travail du philosophe et celui du scientifique, de façon à assurer la position d'extériorité nécessaire pour la critique – contrairement aux interactionnistes trop impliqués dans la pratique scientifique au point de ne pas pouvoir repérer de « programme métaphysique ». Cette position propose donc une « éthique critique ». Elle s'oppose tout autant à l'éthique-vérité interactionniste qu'à la version procédurale de l'éthique-politique. C'est bien un travail normatif qu'il convient de réaliser sur les nanotechnologies elles-mêmes (et non pas sur des principes de procédure comme le propose l'éthique procédurale), mais cet exercice sur les valeurs n'a pas trait aux détails des évolutions technologiques (comme le propose l'éthique-vérité interactionniste), mais aux visions métaphysiques des programmes qui les rendent possibles. Il est mené par le philosophe lui-même ou – sans que Dupuy ne suggère de mécanisme concret – de façon collective.

Dupuy contribue à transporter des États-Unis à la France la question éthique des nanotechnologies, notamment en coécrivant en 2004 un rapport sur le sujet pour le Conseil général des Mines<sup>166</sup>. Mais le retour de l'extériorité de l'analyse qu'il recommande est peu suivi par les acteurs de la politique scientifique, ce qui n'est guère étonnant : en refusant les principes d'interdisciplinarité science/éthique centraux dans le cadre de l'innovation responsable, Dupuy cherche avant tout à s'extraire du programme global des nanotechnologies – ce qui a pour conséquence sa sortie de la politique scientifique. Pour lui, parler des questions spécifiques, des risques sanitaires par exemple, ne fait que détourner du problème important, celui du programme métaphysique – qui pour n'être pas matériel (car un programme métaphysique n'est pas une liste d'applications techniques ou de produits de consommation présentant des dangers éventuels) n'en est pas moins primordial. Il n'est donc pas surprenant que les lecteurs les plus

166. J.-P. Dupuy et F. Roure, *Nanotechnologies : Éthique et Prospective industrielle*, Paris, Conseil général des Mines, 2004.

attentifs de Dupuy ne soient pas les acteurs de l'innovation responsable, mais bien les critiques les plus virulents du programme des nanotechnologies, du « tsunami » qu'annonce le philosophe, et notamment le groupe grenoblois Pièces et Main d'œuvre dont nous reparlerons au chapitre 5.

### *Vers une intégration de l'éthique et de la science*

Face à la version interactionniste de l'éthique-vérité, on peut, comme Dupuy, repartir en arrière et faire jouer une position d'extériorité totale – au risque de s'interdire de pouvoir discuter de la constitution des substances nano. On peut au contraire considérer que, loin d'être trop proche des chercheurs, la position interactionniste ne l'est encore pas assez, et ignore la réalité de la pratique scientifique puisqu'elle s'obstine à attendre l'établissement des faits pour faire jouer des valeurs. Si elle suit cette dernière approche, l'éthique est amenée à plonger dans la pratique scientifique, jusqu'à affirmer que la distinction entre faits et valeurs n'est pas pertinente pour poser le problème éthique.

Le philosophe américain George Khushf propose ainsi une position éthique nouvelle sur les nanotechnologies. Pour lui, se contenter d'appliquer le discours connu de la bioéthique sur la base de faits scientifiques n'est pas satisfaisant. La différence qu'il réclame n'a pas trait à la prise en compte des problèmes « en amont » comme le réclament les éthiciens interactionnistes.

À la différence de Dupuy, pour qui le rôle du philosophe consiste à identifier le « programme métaphysique » de la convergence, Khushf est moins intéressé par un plan de signification métaphysique qui serait « derrière » les initiatives de la politique scientifique que par la pratique scientifique et la construction de nouvelles entités matérielles. Pour Khushf, la « science et l'éthique ne peuvent plus être en relation selon un processus en deux étapes<sup>167</sup> ».

167. G. Khushf, "The ethics of nanotechnology Vision and values for a new generation of science and engineering", 2004, in National Academy of Engineering, *Emerging Technologies and Ethical Issues in Engineering: Papers from a Workshop, October 14-15, 2003* : 29-56, National Academies Press: Washington, DC.

En conséquence, les scientifiques doivent considérer que « les problèmes éthiques font partie intégrante de leur recherche », afin d'élaborer une « réflexion éthique située <sup>168</sup> ». Plutôt qu'à l'interdisciplinarité, c'est à « l'intégration » de la recherche scientifique et de l'éthique qu'il faut travailler. C'est cela qui doit permettre à l'éthique de contribuer avec la science à la construction de nouvelles substances chimiques ou de nouveaux objets nano.

Faire de l'éthique, c'est ici dialoguer avec les scientifiques afin d'explicitier leurs pratiques et mettre ainsi en évidence les procédés par lesquels de nouveaux objets sont créés <sup>169</sup>. Cette explicitation, désignée comme un travail de « caractérisation » par Khushf, est bien plus qu'une simple description : dans son optique, elle doit participer à la définition des attentes des projets scientifiques, des questions auxquelles ils sont censés répondre, et des façons – y compris techniques – d'y parvenir. Ici, l'éthique n'est plus affaire d'éthiciens maîtrisant une discipline, mais d'un collectif de recherche, dont les travaux sont « éthiques » dans la mesure où ils explicitent les questions qu'ils suscitent.

### *Une éthique politique ontologique*

C'est donc d'une éthique du faire advenir qu'il s'agit, qui se révèle particulièrement adaptée pour les nanotechnologies, dont les composants sont encore à définir. Nous avons là une éthique politique, au sens où elle s'occupe de la construction de nouveaux êtres et cherche à faire émerger de nouveaux questionnements, et ontologique dans la mesure où elle a trait à l'existence même des objets. Une telle éthique suppose de transformer en profondeur l'activité scientifique elle-même.

Un anthropologue californien, Christopher Kelty, fournit un exemple de cette approche en s'intéressant au travail d'un

168. *Ibid.*

169. Par exemple, Khushf s'intéresse ainsi à la recherche en biologie synthétique (Khushf, George, "Open evolution and human agency. The pragmatics of upstream ethics in the design of artificial life", 2009, in Bedau, Mark et Emily Park (dir.), *The Ethics of Protocells. Moral and Social Implications of Creating Life in the Laboratory*, MIT Press, Cambridge (MA) : 223-252.

laboratoire de l'université Rice, au Texas <sup>170</sup>. Le Center for Biological and Environmental Nanotechnology (CBEN) effectue des recherches sur les nanomatériaux et sur leurs utilisations pour des techniques de traitement des polluants ou autres applications environnementales. Kelty s'intéresse en particulier à l'une des chercheuses du centre, Vicky Colvin, dont l'influence sur la politique nanotechnologies fédérale est notable, et notamment à ses travaux sur les fullerènes – ces assemblages d'atomes de carbone en forme de ballons de football. Plutôt que d'analyser les « risques » des fullerènes une fois définis leurs usages potentiels pour un matériau produit par le laboratoire, la démarche de Colvin consiste à caractériser leur toxicité comme fonction de leur structure. Comme les autres propriétés des fullerènes dues à leur échelle nanométrique, la toxicité de ces substances peut remplir des fonctions intéressantes (comme la cure de tumeurs cancéreuses). Comme les autres propriétés des substances, elle doit être contrôlée – et c'est tout l'objet du travail du chercheur. La toxicité devient alors, selon les termes de Kelty, un « problème intéressant pour les chercheurs en nanotechnologies » et la sécurité des fullerènes « une propriété fondamentale du matériau », comme sa réactivité, sa masse atomique ou sa densité. Les « implications » des technologies sont alors intégrées, comme le dit Kelty, « dans la pratique même des activités scientifiques, et dans la matière physique elle-même ». Kelty, comme les scientifiques, parlent de *safety by design* : la conception du matériau comporte ses propriétés toxicologiques. La distinction avec les autres propriétés n'est d'ailleurs même plus pertinente. On voit sur cet exemple le travail de l'éthique politique « ontologique » : il s'agit de « caractérisation » (selon l'expression de Khushf) de nouvelles substances. Ici la proximité est manifeste entre la démarche éthique et l'opération ontologique sur les espèces chimiques telles qu'elles ont été définies dans le chapitre précédent.

170. C. Kelty, "Beyond implications and applications: the story of 'Safety by design'", *Nanoethics*, 3(2):79-96, 2009.

Dans cette approche, les questions posées par les nanotechnologies relèvent toutes, à leur manière, de l'éthique. Les risques sanitaires deviennent un problème éthique au sens où leur traitement repose sur l'identification des propriétés des substances, et donc sur leur « caractérisation », au sens de Khushf. Les machines moléculaires ne sont pas des métaphores dont il faut analyser l'exactitude, ni des symboles de programmes métaphysiques contestables, mais bien des choses présentes dans les laboratoires, dont la réalité matérielle est en construction. L'amélioration des performances humaines est ou sera fondée sur des technologies développées en laboratoire – usage d'implants cérébraux par exemple – dont il est nécessaire d'examiner les détails. On voit la différence entre l'éthique-politique ontologique et l'éthique-politique procédurale : il ne s'agit plus de s'appuyer sur des principes considérés comme donnés et indépendants des questions discutées, mais d'ouvrir potentiellement à la discussion tous les aspects de la pratique scientifique – décisions à prendre dans le laboratoire et caractéristiques des systèmes techniques, mais aussi modes de collaboration entre disciplines ou entre acteurs concernés, utilité attendue des applications développées en laboratoire, et possibilités futures d'accès à celles-ci. Dès lors, Khushf propose une éthique politique fondée sur la participation de l'éthicien à la construction d'êtres physiques ou chimiques, mais aussi de problèmes publics : dans cette optique, l'éthicien et le scientifique participent ensemble à la définition des « questions éthiques » associées aux objets (par exemple, les possibilités d'applications futures à d'autres domaines, ou l'appropriation des connaissances par des acteurs privés).

Si l'éthique-vérité interactionniste prend forme avec le discours de l'innovation responsable, l'éthique-politique ontologique n'est pas déconnectée de la formulation de la politique scientifique américaine des nanotechnologies. Khushf contribue à plusieurs séminaires organisés par la National Academy of Science et la National Academy of Engineering, notamment sur la formation des ingénieurs. Bien plus, il est frappant de constater que la

politique scientifique américaine reprend des éléments de sa position en les intégrant dans des rapports officiels : on peut suivre les traces des contributions de Khushf depuis ses interventions à des colloques organisés par les académies nationales jusqu'à des comptes rendus par les responsables de la *National Nanotechnology Initiative* (NNI)<sup>171</sup>. Cette intégration des positions de Khushf se fait au prix de multiples ambivalences et contradictions : l'affirmation que la « science et la société sont coproduites » qui suit les propositions de Khushf y côtoie l'annonce de l'arrivée imminente de la « prochaine révolution industrielle ». Mais elle rend aussi possible des expérimentations qui permettent de concevoir ce que pourrait être, en pratique, une éthique politique ontologique.

### *Une éthique expérimentale*

Un centre de recherche de l'université d'État de l'Arizona financé par la National Science Foundation dans le cadre de la NNI est consacré à l'étude sociale des nanotechnologies. Ce centre, le Center for Nanotechnology in Society (CNS), se fonde sur un programme théorique appelé *Real-time Technology Assessment* (RTTA), « évaluation des technologies en temps réel »<sup>172</sup>. Le RTTA cherche à anticiper le développement de systèmes socio-techniques par des outils visant à la réflexivité individuelle et collective, et à la délibération. Il propose de redéfinir ce que doit être l'étude des « implications éthiques et sociétales », et donc l'éthique elle-même. Il s'agit ici d'expérimenter des mécanismes, des instruments politiques et administratifs qui pourront fonder une nouvelle démarche d'évaluation des technologies. Le dispositif du CNS est conçu comme une tentative de tester la « gouvernance anticipatrice », afin de mettre en évidence l'intérêt de

171. B. Laurent et E. Fisher, "Integration discourses: Neo-determinism, reflexivity and the mainstreaming of science studies", Arizona State University Working Paper, 2009.

172. D. Guston, et D. Sarewitz, "Real-time Technology Assessment", *Technology in Society*, 24: 93-109, 2002.

l'employer à grande échelle dans ce qui serait un nouvel organisme fédéral d'évaluation des technologies.

Pour cela, le RTTA redéfinit l'évaluation des technologies sur la base de plusieurs instruments. Par exemple, l'anthropologue Erik Fisher propose, sur le modèle de sa propre expérience dans un laboratoire du Colorado, d'intégrer un chercheur en sciences humaines dans le laboratoire afin de faire s'interroger les scientifiques sur leurs pratiques et finalement « moduler » le travail de recherche. Par ses discussions avec les chercheurs, l'humaniste embarqué (*embedded humanist*) contribue à rendre visibles aux scientifiques eux-mêmes les micro-décisions prises par les chercheurs au quotidien. Ainsi, l'activité des scientifiques peut être rendue « réflexive » au sens où les pratiques quotidiennes sont dénaturalisées et potentiellement objets d'interrogation. Au final, l'intervention du chercheur en sciences humaines transforme les résultats de la recherche eux-mêmes.

Un bon exemple de cette approche est celui de l'anthropologue Erik Fischer<sup>173</sup>. Fisher a été « humaniste embarqué » (*embedded humanist*, selon ses termes) dans le Thermal and Nanotechnology Laboratory du département de sciences des matériaux de l'université du Colorado entre 2003 et 2006 et a participé à ce titre à différents projets de recherche. Il s'est intéressé notamment à un projet de synthèse de nanotubes de carbone dans des tubes de silice (des « tubes dans les tubes »). Les applications envisagées de ce projet étaient encore à définir, les chercheurs mentionnaient des utilisations industrielles pour le transfert de chaleur. Le suivi du projet a conduit Fisher à dialoguer avec son instigateur sur les modalités techniques à explorer. Par exemple, alors que l'initiateur du projet s'apprête à utiliser le catalyseur habituel, Fisher l'interroge : pourquoi celui-ci plutôt qu'un autre ? La discussion qui s'ensuit les conduit à mentionner la possibilité d'une solution de nanoparticules de fer, qui se révélera à la fois plus efficace pour

173. E. Fisher, "Ethnographic Invention: Probing the capacity of laboratory decisions", 2007, *NanoEthics*, 1:155-165, 2007.

la synthèse de nanotubes (y compris sur d'autres supports que les tubes de silice) et moins génératrice de risques toxicologiques.

On le voit, il ne s'agit pas ici de se pencher sur les « implications » d'un objet technique tout fait, mais de s'intéresser à sa construction, et de la rendre problématique – c'est-à-dire objet de réflexion individuelle pour le scientifique et de discussion avec le chercheur en sciences humaines. Le travail de l'*embedded humanist* consiste à décrire les pratiques de recherche mais aussi à y participer. En cela, il met en œuvre l'approche proposée par Khushf, à la fois descriptive et prescriptive. Ce travail implique une transformation des rôles : celui du chercheur en sciences humaines, comme celui du scientifique. Le premier ne détient pas des « valeurs » qu'il mobiliserait pour évaluer les « implications » du travail scientifique, mais c'est sa description et son questionnement anthropologiques qui contribuent à produire la recherche scientifique – avec ses éléments matériels, ses pratiques et ses questions. Le second est amené à dénaturiser sa pratique et à s'interroger sur les significations de ses gestes quotidiens, qui d'automatiques deviennent ainsi objets de décisions à prendre.

Un autre instrument utilisé au CNS est l'écriture de scénarios. Ceux-ci écrits en petit groupe de profanes et de scientifiques, ou encore, dans un autre dispositif, coécrits par des dispositifs collaboratifs de type Wikipédia, sont la base d'un travail de réflexion collective qui vise à explorer ce que pourraient être les usages futurs des nanotechnologies.

Le projet *Nanofutures*<sup>174</sup> mené au Center for Nanotechnology and Society a conduit à construire en collaboration de nombreux scénarios, dont voici les exemples suivants :

174. Le projet NanoFutures est décrit à l'adresse suivante : [cns.asu.edu/nanofuture](http://cns.asu.edu/nanofuture). L'usage des scénarios est commenté par les chercheurs du CNS dans D. Barben *et al.*, "Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement and Intefration", dans E. Hackett *et. al.* (dir.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Cambridge, MIT Press: 979-1000, 2008, C. Selin, *Diagnosing Futures*, à paraître.

– « Vivre avec une puce dans le cerveau » : une puce crânienne délivre des informations dans le cerveau de l'utilisateur pendant son sommeil.

– « Surveillance automatisée des systèmes de traitement d'eau » : une technologie de séquençage ultrarapide est utilisée pour analyser les fragments d'ADN présents dans les eaux usées, permettant ainsi un contrôle accru des populations.

– « Détecteur de maladies » : un dispositif mesure les taux de protéines d'un individu et détecte les niveaux anormaux avant l'apparition des symptômes de la maladie.

Ces scénarios sont élaborés à partir des recherches menées par les scientifiques impliqués dans le dispositif. Leur élaboration est une occasion d'interrogation collective sur la société que construisent ces technologies.

L'écriture de scénario ne vise pas à décrire la « vérité » des faits scientifiques, ni la « vérité » des problèmes éthiques. Au contraire, il s'agit de regrouper chercheurs en sciences humaines et sciences physiques, experts et profanes, pour explorer les problèmes possibles soulevés par les nanotechnologies. Le futur devient un objet à propos duquel il est possible de discuter, pour en évoquer les possibles implications, les attentes et les questions qu'il pourrait susciter. Les exemples ci-dessus explicitent les questions posées par la convergence des technologies et de l'*human enhancement*, depuis les conceptions en laboratoire jusqu'à la discussion avec des chercheurs. Avec le scénario, les chercheurs du CNS disposent d'un outil qui rend problématique la nature des « implications éthiques » des technologies.

La démarche expérimentale du CNS s'appuie sur une critique du programme d'étude des « implications éthiques et sociétales » du projet de décryptage du génome humain (le fameux *Human Genome Project*) dont la logique, proche en cela de l'éthique-vérité, consiste à réaliser un travail éthique dégagé de toute considération politique. Une fois les résultats de la recherche éthique sereinement établis, la décision politique était censée avoir lieu. En conséquence, le programme ELSI court le risque de se voir

taxer à la fois de non-pertinence politique et, en se plaçant sur le terrain de la neutralité, de se voir contester son statut d'objectivité. C'est précisément la critique que les chercheurs du CNS adresse au programme ELSI<sup>175</sup> : plutôt qu'une évaluation éthique à distance de la pratique scientifique et de la décision politique, le CNS propose, pour assurer sa pertinence politique et permettre l'affirmation de son expertise objective, d'expérimenter à petite échelle ce qui pourrait être une nouvelle méthode d'évaluation des technologies fondée sur le RTTA. En démontrant ainsi la possibilité de l'évaluation « réflexive » et « délibératoire » des nanotechnologies, le centre ouvrirait la voie à une refonte de la politique scientifique.

### *Les difficultés de l'éthique expérimentale*

L'éthique expérimentale telle que la propose le CNS n'est pas sans ambivalence et repose sur une tension entre deux positions qui considèrent de façon très différente l'intégration des sciences humaines.

Prenons par exemple le cas de l'écriture des scénarios. Une première façon d'aborder cet instrument suppose que les « valeurs » de différents « groupes sociaux » censés participer à l'exercice doivent être identifiées. Voilà qui ramène au cas de l'éthique procédurale et n'est pas dépendant, dans son principe, de l'objet technique sur lequel il est appliqué. On pourrait procéder ainsi pour n'importe quelle technologie. Dans cette optique, l'éthique expérimentale est très proche d'une série de travaux qui mettent en avant la nécessité de repérer les valeurs qui comptent au sein même du développement technologique, afin d'identifier les

175. E. Fisher, « Lessons learned from the ethical, legal and social implications program (ELSI) : Planning societal implications research for the National Nanotechnology Program », *Technology in Society*, 27 : 321-327 2005. On pourra se reporter également à la critique par Sheila Jasanoff du blocage des possibilités offertes à la participation des groupes de la société civile dans la définition des politiques scientifiques du fait de la prépondérance de l'éthique à partir de la présidence Clinton (Jasanoff, Sheila *Designs on Nature*, Princeton University Press Princeton : chap. 7, 2005).

positions minoritaires ainsi que les attentes potentiellement moins bien satisfaites<sup>176</sup>.

Une seconde façon de considérer l'instrument est de l'appréhender comme une expérience unique qui, en se posant la question des problèmes pertinents, est en soi un acte d'exploration des identités sociales et techniques. Le social est alors constitué par l'utilisation de l'instrument qui n'est plus séparable du sujet sur lequel il est appliqué : faire un scénario à propos de l'augmentation des performances individuelles à l'aide des nanotechnologies revient à constituer la réalité (future) du domaine. Dans cette deuxième version, on retrouve la proposition de Khushf de réaliser une éthique politique ontologique : on est dans la droite ligne de la « caractérisation » de Khushf, qui est à la fois « description » et « intervention ».

La même distinction se retrouve sur l'intervention en laboratoire. S'agit-il de rendre réflexif le scientifique à propos de valeurs existant dans la pratique technique (position 1) ? Ou bien la question des valeurs n'est-elle même plus posée, l'objectif étant de participer à la construction de la science dans le laboratoire (position 2) ? La première position suppose un milieu existant fait de groupes sociaux aux intérêts assez fixes pour pouvoir être mesurés. On a vu que les nanotechnologies rendent l'hypothèse problématique. Quant à la seconde position, qui rejoint celle de Khushf, elle pose d'autres difficultés : si l'éthicien participe avec le scientifique à la construction des êtres techniques, qu'en est-il de la spécificité de sa profession ? Si l'éthique est embarquée avec la science dans la construction des êtres et des problèmes, comment s'assurer de la valeur de ce qui est entrepris ? Comment faire en sorte que la construction proposée soit démocratique, équitable, et satis-

176. Toute une branche des études critiques de la technologie (par exemple R. Sclove, *Choix Technologiques, Choix de Société*, Paris, Éd. Charles Léopold Mayer/Descartes, 2003) se fonde sur cette approche, inspirée de la « construction sociale de la technologie » (voir Pinch, Trevor et Wiebe Bijker, "The social construction of facts and artifacts": Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other", *Social Studies of Science*, 14(3): 399-441, 1984).

fasse le plus grand nombre ? C'est le sens de nombreuses critiques adressées à Khushf, qui lui reprochent de ne plus faire de distinction entre la science et les « valeurs éthiques<sup>177</sup> ». Certains de ses collègues disent de Khushf qu'il est « fasciné par les nanomachines auto-répliquantes<sup>178</sup> ». Vraie ou non, l'anecdote est significative : la position de Khushf implique de ne pas se satisfaire de l'appel apparemment rationnel à l'examen des « faits » des nanotechnologies avant de faire jouer des « valeurs », mais bien de participer à la solidification d'ensembles composites – les machines moléculaires, l'amélioration des performances humaines, les nanomatériaux « sûrs par conception ». L'éthique politique ontologique est ainsi complètement intégrée dans la pratique des nanotechnologies, dont elle devient une dimension supplémentaire du programme global.

### Différentes approches de l'éthique pour prendre en compte les nanotechnologies

À l'issue de l'exploration des différentes façons de poser le problème éthique, on peut synthétiser les approches rencontrées (tableau ci-après).

177. A. Zucker, "The bearable newness of nanoscience", in F. Allhoff et P. Lin (dir.), *Nanotechnology and Society. Current and Emerging Ethical Issues*, Springer: 55-71 Dordrecht, 2008.

178. L'expression est celle d'un éthicien, lors d'un entretien avec l'auteur (octobre 2009, Washington).

	Principes de travail	Résultats attendus du travail de l'éthique	Organisation politique
Éthique-vérité	Identifier des faits scientifiques et leur appliquer des valeurs éthiques.	Vérité des faits et des valeurs.	Délégation à des experts scientifiques et à des experts en éthique.
Éthique-vérité interactionniste	À mesure que les faits scientifiques sont élaborés, faire réagir l'éthique.	Adaptation permanente de la vérité des valeurs à celle des faits.	Délégation à des experts scientifiques et à des experts en éthique. Interactions permanentes entre eux.
Éthique procédurale	Définir des principes à respecter pour prendre des décisions publiques (transparence, pluralisme...) indépendamment des questions discutées.	Procédures à suivre pour assurer le respect des principes.	Recherche d'un consensus social par respect d'une procédure acceptée par tous.
Éthique critique	Restaurer la distance critique pour identifier le programme métaphysique des nanotechnologies.	Description des programmes métaphysiques et de leurs implications.	Délégation du travail éthique à un critique capable de mise à distance.
Éthique politique ontologique	Caractériser les objets issus de la pratique scientifique et les problèmes qu'ils soulèvent.	Le résultat du travail de l'éthique est confondu avec celui du scientifique.	Travail en commun des éthiciens et des scientifiques sans que leurs identités soient distinctes <i>a priori</i> . La possibilité d'intervention d'acteurs non experts existe.
Éthique politique expérimentale	Expérimentation à petite échelle d'une éthique politique ontologique.	Démonstration de la valeur de l'expérimentation.	Expérimentation à petite échelle de pratiques collaboratives de recherche ou de réflexion sur les futurs des nanotechnologies.

De même que les méthodes de traitement des risques chimiques, chaque forme d'éthique porte en elle un modèle d'organisation politique. Qu'elle considère l'éthique comme une expertise dont des professionnels seraient les garants, ou comme une expérience collective dans laquelle le plus grand nombre se doit d'être impliqué, chacune d'elles propose des façons d'aborder les problèmes posés par les nanotechnologies : soit comme une nouvelle question sur laquelle mobiliser des approches connues, soit comme une opportunité de repenser complètement le rôle de l'éthique, au point de l'intégrer complètement dans la pratique scientifique.

L'intervention de l'éthique dans les nanotechnologies est parfois critiquée. Ainsi, un chroniqueur du magazine américain *New Atlantis* explique en 2004 que les éthiciens qui s'intéressent aux nanotechnologies ne cherchent véritablement qu'à « tester leurs théories », ou pire « chercher des financements », en se penchant sur un sujet impossible à traiter car ses applications n'existent pas encore<sup>179</sup>. Mais cette critique ne permet pas de rendre compte de la multiplicité des pratiques de l'éthique, ni surtout de comprendre le rôle politique des façons de faire de l'éthique. Ainsi l'éthique-vérité est-elle celle du soupçon, du doute, et donc de la méfiance envers les non-spécialistes, à qui il est nécessaire de fournir une « bonne information » avant qu'ils puissent se prononcer. L'éthique politique s'intéresse au contraire à la participation des groupes concernés, sous des formes qui peuvent être indépendantes de la question traitée (comme dans le cas de l'éthique procédurale), ou qui peuvent au contraire être totalement intégrées à la fabrication scientifique des nanotechnologies (dans celui de l'éthique politique ontologique).

Il est d'autant plus important de mettre en lumière ces distinctions que l'éthique devient avec les nanotechnologies une partie intégrante de la politique scientifique. Elle mobilise des financements publics, elle prend position sur les décisions à prendre, elle attribue des rôles et des possibilités d'action. Ainsi

179. A. Keiper, "Nanoethics as a discipline?", *The New Atlantis*, 50: 55-67, 2004.

la cohérence entre l'innovation responsable et l'éthique-vérité interactionniste solidifie l'une et l'autre posture, dans une approche qui ne problématise pas ce qui fait pourtant le cœur du problème politique des nanotechnologies, c'est-à-dire la constitution des substances et des problèmes publics. L'éthique politique ontologique offre une voie pour le faire, au prix de son intégration complète dans la démarche globale qui est celle des nanotechnologies.

Les chapitres précédents ont montré que la construction des instruments du programme global des nanotechnologies est un enjeu politique crucial, et que la question-clé en matière de risques sanitaires est celle de l'existence des substances. À l'issue de l'exploration des problèmes éthiques des nanotechnologies, on peut étendre le propos. Du fait de la dimension exploratoire des nanotechnologies, le contenu même de leurs « questions éthiques » est incertain. On peut alors envisager l'enjeu éthique des nanotechnologies comme une affaire de constitution des êtres physiques et chimiques (nanoparticules ou machines moléculaires), de définition des futurs possibles et de construction des problèmes publics – ce que l'éthique politique ontologique a le mérite de prendre au sérieux.

#### 4.

### **Fabriquer les publics des nanotechnologies : la solution participative**

Les nanotechnologies ont ceci de spécifique que le « dialogue », la « participation », l'« engagement » du public y sont conçus comme des exercices incontournables et des passages obligés des programmes scientifiques. Au cours des chapitres précédents, on a vu que les façons de poser les problèmes des nanotechnologies sont aussi des façons d'attribuer des rôles politiques. En cela, on peut dire qu'une méthode de traitement des risques est « participative » à sa manière. Elle offre un modèle politique, elle définit des façons pour les individus ou les groupes de la société civile de s'investir – ou non – dans la décision publique sur les sujets techniques. De même, poser les problèmes éthiques des nanotechnologies est une façon d'attribuer des rôles dans la vie publique, d'organiser la démocratie et donc de construire une certaine « participation » du public.

Pourtant, les programmes des nanotechnologies ne se contentent pas de ces considérations, et convoquent une « solution participative » pour résoudre un problème anticipé de « relations avec le public ». La « solution participative » s'appuie sur des instruments : soutien financier à l'organisation de mécanismes de dialogue, intérêt pour les actions en direction du grand public,

réflexion internationale sur les meilleures façons « d'impliquer le public » dans les programmes des nanotechnologies. Ainsi nombre d'expériences de « dialogue » ou de « participation » – forums, jurys de citoyens, débats publics – ont été entreprises au sujet des nanotechnologies. En France, un événement de deux jours en janvier 2007 à la Cité des Sciences de la Villette rassemblait déjà, outre les rapports de plusieurs comités d'experts, les avis et recommandations issus de deux conférences de citoyens et deux cycles de débats publics.

À quels problèmes la solution participative est-elle censée répondre ? Quels sont les instruments mobilisés pour la mettre en œuvre ? Pour quels résultats ? Pour une part, répondre à ces questions nous conduira à aborder par un autre chemin les problèmes rencontrés dans les chapitres précédents. On retrouvera les risques sanitaires potentiels, les questions éthiques débattues, on les verra accrochés ou non à une définition large des nanotechnologies comme politique scientifique. En entrant dans la description par la construction des publics entreprise par les mécanismes dits « participatifs », on verra que les nanotechnologies sont une épreuve pour une série de dispositifs aujourd'hui de plus en plus souvent mobilisés et appelés à « faire participer » le public sur les questions scientifiques.

## Des formes de participation variées

Les motivations du recours à la solution participative dans les programmes relatifs aux nanotechnologies sont diverses. Dans un intérêt indifférencié pour le dialogue avec le « public », l'innovation responsable mêle deux positions :

– D'une part, le problème identifié par les responsables de la politique scientifique est bien souvent le rejet anticipé de la technique. Après les crises sanitaires des années 1990, n'y a-t-il pas un risque que le grand public se méfie des nanotechnologies, voire les rejette unanimement ? Pour certains, le public suit une courbe de

l'enthousiasme à la méfiance dans ses relations avec les nouvelles technologies. C'est ce qu'explique la chimiste Vicky Colvin au Congrès américain<sup>180</sup>. Face à ce rejet anticipé (mais non démontré<sup>181</sup>), il serait nécessaire que le public comprenne ce que sont « vraiment » les nanotechnologies, tandis que, simultanément, l'administration fédérale se devrait de bien saisir les ressorts de la perception des nanotechnologies par le grand public. Dans cette optique, des études de perception des risques et des mesures de l'opinion sont nécessaires, car elles sont censées permettre d'adapter le discours explicatif en fonction des « cadres de compréhension » du public<sup>182</sup>. Cette approche va avec une façon d'aborder la gestion des risques qui ne considère pas l'incertitude comme une opportunité de discussion politique (ce qu'on a rencontré plus haut dans la méthode de l'IRGC par exemple). Elle est cohérente avec une certaine vision de l'éthique-vérité, fondée sur l'exactitude des faits scientifiques et la pertinence des cadres éthiques existants. Elle se heurte dans le cas des nanotechnologies à la difficulté de mesurer l'opinion d'un « grand public » qui, dans sa grande majorité, ignore tout des nanotechnologies, et à la difficulté de définir les « faits » des nanotechnologies qui pourraient être plus ou moins bien « perçus<sup>183</sup> ».

180. Elle reprenait en cela l'opinion d'une de ses collègues (K. Kulinowski, "Nanotechnology: From 'wow' to 'yuck' ?" 2004, *Bulletin of Science, Technology and Society*, 24(1): 13-20, 2004).

181. L'analyse et la critique de la trajectoire « de l'enthousiasme au rejet » (*from wow to yuck*) a été faite par A. Rip (Rip, Arie, "Folk theories of nanotechnologists" *Science as Culture*, 15(4): 349-365, 2006).

182. Voir pour un exemple de cette approche D. Scheufele, "Five lessons in nano outreach" *MaterialsToday*, 9(5): 64, 2006.

183. Cela n'empêche pas que l'étude de la perception des risques des nanotechnologies soit entreprise par de nombreux chercheurs. Ces approches se fondent sur la dichotomie entre risques « réels » et risques « perçus », ce qui suppose, à tort dans une situation d'incertitude comme celle des nanotechnologies, que la mesure du risque « réel » n'est pas problématique (cf. chapitre 2).

– À l'autre extrême, les programmes des nanotechnologies mettent en avant l'intégration des « apports du public » (c'est la formulation du *Nanotechnology Act* américain) et multiplie les dispositifs qui visent à recueillir la parole des citoyens. Se superposent des appels au grand public (par exemple lors de l'intervention de Langdon Winner au Congrès) et aux groupes constitués (les parties prenantes à impliquer dans la prise de décision). Cette position reprend à son compte une histoire linéaire de la participation grandissante des non-experts à l'activité scientifique et technique. Aujourd'hui fréquemment reprise dans les milieux administratifs et universitaires, en particulier au Royaume-Uni<sup>184</sup>, cette histoire linéaire veut qu'à une époque caractérisée par la volonté de faire comprendre une réalité scientifique incontestable a fait suite l'intérêt pour « l'engagement du public » qui consiste à mettre en discussion des choix techniques. Un troisième et dernier stade, l'engagement du public « en amont », serait caractérisé par la prise en compte des avis du public dans la formulation même de la politique scientifique. Les nanotechnologies, puisqu'elles sont posées en problème public alors que leur développement est en cours et loin d'être achevé, seraient alors un champ propice à l'engagement du public « en amont » et, par certains aspects, présenteraient déjà des exemples de réalisation de cette forme sophistiquée de participation du public. Des *think tanks* britanniques multiplient ainsi les prises de position et les projets en faveur de l'engagement du public « en amont » dans les nanotechnologies.

Il est utile d'ancrer la « solution participative » dans l'histoire des politiques scientifiques et de leur relation avec la société, pour comprendre comment jouent les ambivalences entre les deux approches esquissées ici, et rendre plus complexe l'histoire linéaire de la participation vers toujours plus d'intégration du public dans les politiques scientifiques. Ce sont encore les exemples améri-

184. J. Wilsdon et R. Willis, *See-through Science. Why Public Engagement Needs to Move Upstream*, Demos, Londres, 2004.

cain et français qui vont nous intéresser, car ils sont révélateurs de certaines tendances présentes dans la construction de la solution participative par les politiques scientifiques des pays industrialisés. On verra ainsi que les nanotechnologies ne sont pas l'occasion d'un bouleversement fondamental de la mise en relation de la science et de la société, mais déplacent certaines pratiques dans un mouvement général de plusieurs décennies.

### ***Parties prenantes et interrogations sur la participation dans la science aux États-Unis***

Le fonctionnement des agences fédérales américaines est inséparable de l'intervention de « parties prenantes » aux « intérêts » constitués. Les parties prenantes s'affrontent sur le terrain juridique, par le biais de pétitions, de recours juridiques ou de commentaires et contributions. On en a vu un exemple avec les pétitions adressées à la FDA et à l'EPA par l'International Center for Technology Assessment. Comme l'a bien expliqué Sheila Jasanoff dans plusieurs de ses ouvrages, les affrontements juridiques ont été un moteur indispensable pour les avancées de la régulation de la technologie<sup>185</sup>. Porter un débat devant les tribunaux est une façon de poser la question de la responsabilité des industriels et, dans le système judiciaire américain reposant sur les expertises contradictoires, d'ouvrir les modalités de la décision technique. Les régulations américaines sur la sécurité au travail ou sur la sécurité des produits de consommation ont ainsi avancé par le biais d'actions en justice.

Les luttes juridiques entre parties prenantes suscitent en retour un appel permanent à la « bonne science » qui, contrairement aux parties prenantes défendant des intérêts particuliers, serait neutre et libre d'intérêt. L'appel à la « bonne science » est souvent porté par les industriels : insister sur la nécessité de disposer de « toute la connaissance » pour prendre une décision administrative est,

185. S. Jasanoff, *Science at the Bar*, MIT Press Cambridge, 1990; Jasanoff, Sheila, *The Fifth Branch. Science Advisers as Policy-makers*, Harvard University Press Cambridge, 1993.

comme on l'a vu dans l'exemple du nanoargent, une façon de retarder la régulation sur des sujets controversés, pour lesquels l'incertitude scientifique est toujours présente<sup>186</sup>. Le référence à la « bonne science » pour éviter les affrontements juridiques se double à partir des années 1990 – et notamment sur les questions liées aux biotechnologies – d'un recours à l'éthique comme expertise à faire jouer sur des questions controversées. L'éthique devient alors un élément supplémentaire de l'expertise scientifique : on en a vu des manifestations avec l'éthique-vérité des nanotechnologies<sup>187</sup>.

Implication des « parties prenantes » et recours à la « bonne science » se superposent encore aujourd'hui dans le fonctionnement américain de la régulation de la technique. C'est ainsi qu'il faut comprendre la différence décrite au chapitre 2 entre l'intervention du *Project on Emerging Nanotechnologies* du Woodrow Wilson Center (qui joue la carte de la « bonne science » fondée sur la neutralité) et de la pétition de l'ICTA (qui entre dans le cadre des affrontements juridiques entre parties prenantes aux intérêts constitués) pour la régulation des nanoparticules d'argent.

De ce paysage contrasté émergent des ambivalences sur la façon de faire participer le public aux nanotechnologies, qui superposent appels à la participation des parties prenantes supposées connues et aux intérêts existants et vision déterministe du développement technologique. À cet égard, les discussions sur la pertinence de la solution participative sur les nanotechnologies reprennent presque mot pour mot des débats qui ont eu lieu au cours des années 1970 lorsqu'a été mis en place l'Office of Technology Assessment (OTA). Pour certains acteurs de la politique scientifique d'alors, il fallait assurer l'implication des citoyens dans l'évaluation des

186. À ce titre, les discussions au Congrès concernant le *Data Quality Act* sont révélatrices. Sous couvert de défense de l'objectivité scientifique, les promoteurs de l'Act visaient clairement à limiter les possibilités de régulation de l'industrie.

187. S. Jasanoff, à paraître, *Constitutional moments in governing science and technology*.

technologies et la définition des programmes scientifiques, dans la lignée d'autres programmes fédéraux de l'époque qui mettaient l'accent sur la participation du public aux décisions politiques. Mais de nombreux observateurs considèrent alors que la rigueur de l'évaluation scientifique s'en serait trouvée compromise. Les discussions ne se sont pas conclues en faveur de la participation : la défense de l'objectivité scientifique a fait que l'OTA n'a jamais mis en œuvre une politique d'inclusion des non-experts dans ses travaux.

À la différence des discussions autour de la participation à l'OTA, le débat américain sur la solution participative dans les nanotechnologies peut tenir compte des travaux de la sociologie des sciences qui ont mis au jour depuis les années 1980 les mécanismes de la construction de la connaissance scientifique et montré les apports possibles des non-experts à ce processus<sup>188</sup>. Autant Langdon Winner au Congrès, George Khushf à la National Academy of Engineering que les chercheurs du Center for Nanotechnology in Society se réfèrent directement à ces études, et contribuent à les faire circuler dans la politique scientifique, non seulement dans le discours des rapports de la NNI, mais aussi dans les projets financés – au prix de contradictions permanentes avec la doctrine de l'explication à fournir au public pour qu'il soutienne des évolutions techniques considérées comme nécessaires.

### *La participation du public dans la science en France*

On constate en France le même type d'ambivalence. Mais, là encore, il est utile de faire un bref détour historique pour comprendre dans quelles dynamiques s'inscrit la solution participative.

En France, la participation du public dans les sujets techniques émerge avant tout à propos de l'administration du risque tech-

188. Un exemple classique est celui des malades du sida impliqués avec les médecins dans la définition des essais cliniques (S. Epstein, *Impure Science. AIDS, Activism and the Politics of Knowledge*, University of California Press Berkeley, 1996).

nique local. La gestion du risque industriel a été très tôt un terrain d'expérimentation de la concertation sur les problèmes techniques. La création des secrétariats à la prévention de la pollution industrielle (S3PI) date des années 1970 : inspirés par des expériences de discussion locale autour des industries pétrochimiques de Fos-sur-Mer, les S3PI sont des structures de concertation locales au sein desquelles sont discutées, par exemple, des seuils de polluants acceptables – et plus sévères que les réglementations existantes. Motivées avant tout par la volonté d'élus locaux de s'impliquer dans les choix techniques, ces structures se sont graduellement ouvertes à des associations de protection de l'environnement. Aux 14 S3PI alors existants s'ajoutent en 2003, à la suite de la catastrophe d'AZF à Toulouse, des comités locaux d'information et de concertation (CLIC), dont l'objectif est la mise en place des plans de prévention des risques technologiques (PPRT)<sup>189</sup>, puis en 2006 des comités locaux d'information (CLI) en matière nucléaire, qui ont vocation à diffuser des informations relatives à l'installation nucléaire de base à laquelle ils se consacrent, à donner de la visibilité aux actions de prévention des risques entreprises par l'industriel, mais aussi à demander des expertises sur des points particuliers relatifs à la sécurité de l'installation<sup>190</sup>.

Les contestations qu'ont suscitées dans les années 1980 de grands projets d'infrastructure – comme le TGV Méditerranée – ont entraîné la mise en place de diverses procédures institutionnalisées censées assurer la participation des riverains et du milieu associatif. L'enquête publique, dont la rénovation en 1981 vise à impliquer davantage les parties prenantes, fait cependant l'objet de critiques répétées. On lui reproche d'intervenir trop tard dans le processus, de ne pas permettre les modifications des projets, et de demeurer confidentielle. C'est surtout la mise en place de la Commission nationale du débat public (CNDP) qui transforme les

189. Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages.

190. Décret n° 2008-251 du 12 mars 2008 relatif aux commissions locales d'information auprès des installations nucléaires de base.

façons de participer dans les projets techniques. À partir de 1995, la CNDP organise des débats publics sur des projets d'infrastructure avant l'enquête publique, l'idée étant que les projets pourraient alors être modifiés. Cependant, les débats CNDP parviennent à réaliser davantage un travail d'exploration des controverses, à l'issue duquel sont rendus visibles les problèmes à traiter par l'industriel porteur du projet, qu'une réelle co-construction des projets entre le maître d'ouvrage et les participants<sup>191</sup>.

En matière de politique scientifique générale, l'intégration de la société civile n'est pas une tradition en France. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques est créé au début des années 1980 sur le modèle de l'Office of Technology Assessment américain. C'est alors le premier bureau parlementaire d'évaluation des technologies en Europe. Animé par un petit nombre de parlementaires, actifs sur certains sujets (le nucléaire par exemple) et beaucoup moins dans d'autres, il n'a jamais joué réellement un rôle de contrepoint face aux décisions du pouvoir exécutif<sup>192</sup>. L'Office a été à l'origine d'une conférence de citoyens en 1998 sur les OGM, mais c'est peut-être sa seule incursion en dehors de son périmètre habituel qui ne limite pas ses interventions à l'organisation d'auditions publiques et à l'écriture de rapports par ses quelques membres les plus impliqués.

La CNDP s'est vu offrir en 2002, avec la loi relative à la « démocratie de proximité », la possibilité d'organiser des débats dits « d'option ». À la demande du gouvernement, ces débats peuvent porter sur des « options générales » en matière de politique scientifique et environnementale. On voit l'évolution par rapport aux débats portant sur des projets d'infrastructure : l'exploration de controverse par la CNDP s'étend à présent – au moins poten-

191. S. Crombez et B. Laurent, « Du dialogue de sourds à l'exploration de sujets complexes », *La Gazette de la Société et des Technique* 2008.

192. Y. Barthe, *L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques : enquête sur une « organisation-frontière »*, Rapport pour le Programme Sciences bio-médicales, santé et société, CNRS – INSERM, MiRe-DRESS 2006.

tiellement – à de grands sujets non nécessairement liés à un territoire. La Commission a été mobilisée en 2009 sur les nanotechnologies au titre des « débats d'option », nous y reviendrons plus bas. Avant cela, elle a organisé deux débats d'option, un débat sur les transports dans l'Arc Languedocien en 2005 et un autre sur les déchets nucléaires organisé en 2006.

Les évolutions d'une procédure comme le débat public CNDP sont le signe d'un mouvement plus général de l'administration française, qui s'intéresse à partir des années 1990 à la participation dans les choix techniques de façon de plus en plus systématique. Des programmes de recherche soutenus par l'administration sur les modalités de la concertation sont lancés<sup>193</sup>, tandis que des expériences d'expertise pluraliste considérées comme pertinentes circulent dans les sphères administratives liées à la technique. C'est le cas, par exemple, du groupe d'expertise pluraliste monté à La Hague pour traiter le problème du surnombre de cas de leucémie à proximité du centre de retraitement des déchets nucléaires<sup>194</sup>. De façon générale, l'impact des crises sanitaires – sang contaminé, vache folle... – fait que les administrations françaises sont de plus en plus sensibles à la prise en compte des attentes de la société civile, et à la nécessité d'une certaine ouverture. Les nanotechnologies sont révélatrices à cet égard d'une volonté de l'administration de se prémunir des crises sanitaires potentielles, en laissant la porte ouverte à des formes de participation de la société civile.

Cette volonté de répondre aux crises sanitaires prend des formes paradoxales : d'une part, l'appel à l'implication des parties prenantes s'impose de plus en plus<sup>195</sup>, mais d'autre part le recours à

193. C'est le cas du programme *Concertation – Décision – Environnement*.

194. Y. Miserey et P. Pellegrini, *Le Groupe radio-écologie Nord-Cotentin. L'expertise pluraliste en pratique*, 2007, La Documentation française Paris. L'ouvrage est préfacé par la ministre de l'Environnement de l'époque, Nelly Ollin, qui vante les mérites du « savoir partagé » produit par ce « groupe hétérogène ».

195. Le Grenelle de l'Environnement, initié par Nicolas Sarkozy après son élection en 2007, et fondé sur le principe de la « décision à cinq » (État, élus, industriels, associatifs, experts) est révélateur à cet égard.

une plus grande « objectivité » pour fonder la décision publique (qu'on peut repérer notamment dans la création des agences sanitaires<sup>196</sup>) semble aller de soi. D'où des questions récurrentes : s'agit-il de prendre en compte les alertes issues de la société civile ? Ou bien de mobiliser l'avis des experts, pour assurer le traitement objectif des problèmes sanitaires, quitte à expliquer ensuite la démarche au reste de la société ?

### *Des nanotechnologies participatives ?*

Le détour historique en France et aux États-Unis permet de contraster l'histoire héroïque de la participation grandissante, vers un « engagement du public en amont » qui permettrait enfin l'implication des citoyens dans la définition des choix techniques en amont. Cette lecture linéaire tend à oublier l'héritage fait d'ambivalences permanentes entre des façons variées de réaliser la participation des non-experts aux choix techniques pour imaginer un progrès continu vers davantage de démocratie.

Or on peut à présent constater que l'appel à la participation du « grand public » dans les nanotechnologies est déconnecté de l'évolution générale de la gestion pluraliste de la science. Dans le recours des politiques scientifiques des nanotechnologies à la solution participative, il s'agit davantage de faire en sorte que les nanotechnologies soient un programme global englobant la société dans son entier que de poursuivre les démarches existantes d'implication des parties prenantes par le biais des recours juridiques (aux États-Unis) ou par des démarches de concertation qui s'adressent aux riverains, aux groupes concernés par les projets d'infrastructure discutés, ou aux parties prenantes des instances de concertation (en France).

Pour comprendre ce que la solution participative produit pour les nanotechnologies, une façon de faire consiste à se pencher sur les instruments qui assurent sa mise en œuvre. Certains d'entre eux

196. J. Besançon et J. Benamouzig, « Administrer un monde incertain : Les nouvelles bureaucraties techniques. Le cas des agences sanitaires en France », *Sociologie du Travail*, 46(3) : 301-322, 2005.

sont hérités des méthodes de la communication scientifique, qui prennent avec les nanotechnologies une couleur participative. D'autres (conférences de citoyens ou débats publics) sont habituellement qualifiés de « participatifs » et sont mobilisés en tant que tels sur les nanotechnologies. C'est par ces dispositifs que les programmes nanotechnologies partent à la recherche de leur public. C'est par eux également qu'ils définissent les rôles que ce public est censé jouer.

## La communication scientifique transformée ?

### *Aux États-Unis : l'intégration du social par les musées des Sciences*

De nombreux acteurs de la solution participative sont issus de la communication scientifique. Le programme des nanotechnologies aux États-Unis associe étroitement les musées des Sciences du pays aux initiatives dirigées vers le public. Un réseau de musées des Sciences est mis en place en 2005, le réseau NISE (National Informal Science Education) qui rassemble en 2009 une quinzaine de participants, du musée des Sciences de Boston à l'Exploratorium de San Francisco. L'objectif de NISE est « l'éducation informelle » en matière de nanotechnologies. Le but pédagogique est clairement affiché, et passe par un déploiement sans précédent de techniques de communication scientifique. Des kits d'exposition prêts à être installés sont mis à disposition des musées des Sciences du pays. Des « *NanoDays* » sont organisés : au cours de cet événement annuel étalé sur plusieurs jours, conférences et ateliers se succèdent, dans lesquels les participants peuvent construire des maquettes de nanotubes de carbone ou de fullerènes ou participer à des conférences scientifiques sur la révolution annoncée des nanotechnologies.

Mais la pédagogie n'est pas le seul objectif du réseau NISE. Ses responsables insistent sur leur rôle dans la mise en œuvre de la solution participative. Pour Larry Bell, du musée des Sciences de Boston, les musées doivent faire beaucoup plus que de la « trans-

mission de connaissances », leur rôle est à présent de participer aux démarches « d'engagement du public » dans la politique scientifique<sup>197</sup>. Margaret Glass, la responsable de la coordination du programme NISE à Washington est du même avis : les musées des sciences américains sont pour elle « les acteurs principaux » de la mise en œuvre du volet participatif du *Nanotechnology Act*<sup>198</sup>.

Un des dispositifs organisés par les musées des Sciences américains est le « forum » : une réunion publique au cours de laquelle des invités présentent les points essentiels d'une question relative aux nanotechnologies, après quoi les participants se répartissent en petits groupes pour discuter de ce qu'il serait nécessaire d'entreprendre en matière de régulation publique ou d'encadrement. À l'issue des discussions, les groupes produisent des notes expliquant leurs avis et leurs recommandations sur le sujet discuté. Que les membres de NISE ne sachent comment exploiter ces avis qui leur arrivent en masse importe peu. Pour les responsables des musées impliqués, le « forum » est le signe de la transformation de leurs établissements. Larry Bell y voit le symbole de la « nouvelle mission » du musée des Sciences<sup>199</sup>. Un manuel d'information à destination des scientifiques et voué à les encourager à s'impliquer dans les travaux du réseau NISE explique que l'évolution vers cette nouvelle mission « a été motivée par ce qui a été largement vu comme un échec du style de communication autoritaire et unidirectionnel<sup>200</sup> ». Ce mode de communication n'aurait pas permis de « gagner la confiance du public » sur deux sujets : les organismes génétiquement modifiés et la maladie de la vache folle. Les musées des Sciences réutilisent ainsi des travaux de sociologues comme Brian Wynne qui ont effectivement mis en avant l'échec d'un modèle fondé sur la « compréhension publique

197. L. Bell, "Engaging the public in technology policy: A new role for science museums", *Science Communication*, 29(3): 386-398, 2008.

198. Entretien de l'auteur avec Margaret Glass, Washington, 30 mars 2009.

199. L. Bell, "Engaging the public in technology policy: A new role for science museums", *Science Communication*, 29(3): 386-398, 2008.

200. W. Crone, *Bringing Nano to the Public: A Collaboration Opportunity for Researchers and Museums*, NISE, NSF: p. 6, 2006.

de la science », dans lequel ce qui importe pour gagner la confiance du public est de s'assurer qu'il comprenne des résultats scientifiques établis par des experts<sup>201</sup>. Les musées des Sciences américains interprètent ces travaux en considérant qu'il est plus important de faire s'exprimer les visiteurs, et ce même si le devenir du résultat de cette expression n'est pas défini. Le forum apparaît alors comme un dispositif permettant de passer de l'instruction au dialogue, inscrit dans l'histoire linéaire de la participation vers toujours plus de progrès dans l'intégration du public dans des discussions scientifiques et techniques.

Cette « nouvelle mission » des musées des sciences se révèle profondément ambivalente pour ceux-ci. Car il s'agit malgré tout de faire comprendre aux visiteurs un corps de connaissances et la « révolution future » que sont les nanotechnologies (les *Nano-Days* le montrent bien, comme d'ailleurs les attentes de la coordinatrice de la NNI), tout en « laissant les gens s'exprimer » et en défendant l'argument que la compréhension ne passe pas par la transmission d'informations d'un formateur à une audience. La position n'est pas confortable pour le personnel des musées : comment fournir des informations et expliquer ce que sont les nanotechnologies et leur révolution à venir en fondant toute l'approche sur le refus explicite de communiquer pour mieux laisser s'exprimer le public qui « a des idées pertinentes à fournir » ? Pourquoi demander à des participants à des forums de produire des recommandations puisqu'on ne sait ensuite comment les exploiter ?

Ces questions, les membres de NISE se les posent sans cesse sans pouvoir y répondre<sup>202</sup>. Telle qu'elle se manifeste ici, la solution participative affirme un peu plus la dimension globale des

201. Voir par exemple, pour l'exemple très connu des bergers confrontés à la radioactivité de l'usine britannique de Sellafield : B. Wynne, "Misunderstood misunderstandings. Social identities and public uptake of science", *Public Understanding of Science*, 1 : 281-304, 1992.

202. Elles sont explicitées notamment lors des réunions relatives à l'organisation des forums.

nanotechnologies sans pouvoir jouer sur la définition de la politique scientifique. Son objectif majeur est de toucher le plus grand nombre de personnes possibles. L'échelle de succès des initiatives du réseau NISE le montre bien : c'est le nombre de participants au forum et la sollicitation de toutes les couches de la population qui comptent. La difficulté de la position entre « instruction du visiteur » et « recueil de ses avis » est contournée en limitant l'objectif à l'extension maximale du public touché. Cela conduit le réseau NISE à collaborer avec différents acteurs, par exemple le *think tank* américain, le Woodrow Wilson Center, très engagé pour l'innovation responsable dans les nanotechnologies, et que nous avons déjà croisé dans le chapitre 2. Le partenariat entre les musées des sciences et le Woodrow Wilson Center a donné lieu à la production d'une série de DVD adressés au grand public, dans lesquels sont expliquées les utilisations potentielles des nanomatériaux dans les produits de consommation. Pour le directeur du projet consacré aux nanotechnologies au sein du *think tank*, l'objectif est clair : il faut « informer le grand public », pour lui permettre « de prendre de bonnes décisions<sup>203</sup> ». Ainsi, la solution participative pour les musées des sciences américains peut prétendre à transformer un individu en citoyen capable de faire les bons choix électoraux, et en consommateur à même de choisir les produits en étant informé des incertitudes relatives aux substances nano. À ce titre, la solution participative reproduit ici une dynamique bien présente dans le système politique américain : face aux oppositions entre parties prenantes, accéder à l'individu citoyen et consommateur apparaît pour les tenants de l'expertise comme le meilleur moyen d'assurer que la « bonne science » soit diffusée.

### **Représenter et réaliser la solution participative**

L'Europe n'est pas en reste en matière de communication scientifique des nanotechnologies. Comme leurs homologues

203. Entretien du directeur du *Project on Emerging Nanotechnologies* du Woodrow Wilson Center avec l'auteur, Washington DC, 29 mars 2009.

américains, les musées européens ont voulu faire de l'exposition scientifique une opportunité de mise en œuvre de la solution participative.

Un des premiers projets soutenus par la Commission européenne en matière de relation entre nanotechnologies et société s'intitulait « Nanodialogue », et a rassemblé en 2004 plusieurs musées des sciences à travers l'Europe. À la conception d'une exposition s'ajoutent l'organisation de groupes de discussion par les musées sur le modèle des *focus groups*, et des enquêtes par questionnaires menées par tous les musées concernés par le projet.

En France, le Centre de culture scientifique et industrielle (CCSTI) de Grenoble a participé au projet Nanodialogue, et a été ensuite très actif dans la mise en place d'expositions sur les nanotechnologies. La première d'entre elles, *Expo Nano* présentée à 2007 à Grenoble, permet de bien voir l'évolution de la communication scientifique avec les nanotechnologies, au moment où la solution participative s'affirme dans le discours et les instruments de la politique scientifique<sup>204</sup>.

L'exposition multiplie les canaux de représentation des nanotechnologies : grande représentation artistique des nanovecteurs, vidéos représentant la plongée dans l'infiniment petit, mais aussi intervention par le visiteur qui peut sentir grâce à un manipulateur la résistance des atomes. À cela s'ajoute un module présentant le « débat » autour des nanotechnologies : la question de la convergence, celle des risques sanitaires, les problèmes pour les libertés individuelles soulevés par la présence accrue de nanocapteurs sont présentés dans l'exposition, et la parole est donnée à des philosophes et des toxicologues. Enfin, les visiteurs ont la possibilité de donner leur opinion en écrivant quelques lignes sur des feuillets qui sont ensuite affichés pendant l'exposition.

Ce qui compte ici, c'est moins le contenu des opinions fournies par les visiteurs que la représentation des échanges entre eux, et

la possibilité de donner son avis sur le développement technologique. Ainsi, l'exposition scientifique représente le débat sur les nanotechnologies en même temps qu'elle donne la possibilité de l'exercer. L'étape suivante consiste à proposer aux visiteurs de s'impliquer directement dans la conception de l'exposition. C'est l'ambition du programme européen *NanoYou* dont le CCSTI de Grenoble est un participant actif. Dans le cadre de ce programme, un concours à destination des jeunes est ouvert : l'épreuve consiste à concevoir des objets utilisant les nanotechnologies, et à présenter ces explorations sous forme de vidéos ou de photographies. Ces objets seront ensuite susceptibles de figurer dans une exposition sur les technologies futures. Dans cette ultime version, l'injonction finale est évidente, la « participation » devient l'activité principale de l'exposition scientifique, dont les frontières ne se limitent plus aux musées eux-mêmes mais s'étendent à toute la société. La position d'extériorité qui était celle du musée disparaît : il devient un élément de la politique globale des nanotechnologies.

La solution participative ici signale donc que le musée fait partie de la politique scientifique et ne se contente pas de représenter la science comme un objet figé, qui appartient au seul laboratoire. La représentation des risques éventuels et des questions éthiques fait partie intégrante de l'exposition. Mais c'est aussi la solution participative elle-même qui doit figurer dans la représentation que réalise l'exposition : les feuillets de l'exposition grenobloise exposent à la vue de tous l'importance de la prise de parole des visiteurs sur les « sujets de société » que sont devenues les nanotechnologies. L'exposition scientifique est une représentation en même temps qu'une performance de la solution participative : elle rend visible « l'engagement du public » et participe à la transformation du grand public en citoyen des nanotechnologies prié de s'intéresser autant aux promesses de la révolution scientifique à venir qu'à la gestion responsable des risques, et à la prise en compte des aspects éthiques.

204. Cette exposition est analysée en détail dans B. Laurent, "Representing nanotechnology and society in the science exhibition", in Filippopoliti, Anastasia (dir.), *The Science Exhibition*, MuseumEtc, London, 2010.

La solution participative est ici tout entière fondée sur la représentation : de la technologie, des attentes du visiteur, des applications des nanotechnologies qu'il imagine. Ce n'est donc pas là que se jouera la construction des êtres chimiques et des problèmes publics. Les critiques des nanotechnologies ne s'y sont pas trompés. Les groupes opposés aux nanotechnologies les plus virulents prennent les activités du musée des Sciences de Grenoble pour cible. Elles sont pour eux le « symbole de la campagne d'acceptabilisation des nanotechnologies et de leurs applications<sup>205</sup> ». La menace est perçue de telle façon que l'inauguration de la première exposition consacrée aux nanotechnologies à Grenoble en 2005 s'est faite sous surveillance policière, forçant par là les organisateurs à rendre matériellement évidente l'intégration complète du musée des Sciences dans le programme des nanotechnologies.

Mais si « acceptabilisation » il y a, il faut comprendre où elle se situe : à l'échelle du programme nanotechnologies tout entier, comprenant aussi bien l'innovation responsable que la solution participative. Il s'agit moins d'accepter des applications des nanotechnologies déjà prêtes que d'approuver un programme global censé mobiliser la société entière pour le développement harmonieux des nanotechnologies.

### *Des musées démocratiques ?*

Les musées intègrent donc la critique de la « compréhension publique de la science » : il s'agit tout autant, si ce n'est plus, de faire participer le public aux programmes des nanotechnologies que de lui expliquer des connaissances scientifiques sur le sujet. « Faire participer », c'est alors produire soit un citoyen capable de prendre des décisions individuelles (dans le cas américain), soit un visiteur intégré dans l'exposition elle-même et à la limite participant activement à sa construction (dans le cas français). La Direction générale de la recherche de la Commission européenne suggère quant

205. Sur un tract distribué devant le CCSTI de Grenoble, novembre 2009.

à elle que les musées produisent une représentation d'un « public européen » censé participer à la direction de la recherche.

Les multiples projets des musées européens en matière de nanotechnologies – dont l'exemple du musée des Sciences de Grenoble ne peut donner qu'un aperçu – sont directement liés à la formulation des programmes européens de soutien aux nanotechnologies. Dans le cadre du plan d'action pour les nanotechnologies, la Direction générale de la recherche de la Commission européenne finance de nombreux projets (dont certains de ceux qui ont été évoqués plus haut). Les premières expériences ont donné lieu à une réflexion formalisée de la part de la DG Recherche<sup>206</sup>, dont l'idée principale consiste à affirmer la nécessité d'oublier le modèle de la « compréhension de la science par le public » pour aller vers une « compréhension scientifique du public ». Ainsi, les musées sont appelés à développer des « plates-formes » permettant de « suivre en temps réel » l'évolution des opinions des populations des états membres. L'objectif est pour l'administration européenne d'obtenir une représentation d'un « public européen » composé d'individus du « grand public » plutôt que d'associations mobilisées. L'opinion de ce public européen est censée jouer un rôle pour orienter les financements des politiques de recherche : s'il apparaît que le public européen « ne veut pas de nanos dans l'alimentation », la DG Recherche annonce qu'elle ne donnera « pas un seul euro pour la recherche dans ce domaine<sup>207</sup> ». La question demeure des modalités de la production de ce « public européen » – on imagine fort bien que les questions posées à ce « grand public » détermineront les résultats de la consultation.

206. *Strategy for Communication Outreach in Nanotechnology*, Bruxelles, février 2007 ; *Communicating Nanotechnology*, Bruxelles, mars 2010. Sauf indication contraire, les extraits de ce paragraphe sont issus de ce dernier rapport.

207. Entretien de l'auteur avec un fonctionnaire de la DG Recherche, mai 2010.

Dans les cas américain et européen, la solution participative repose sur des distinctions claires entre « représentation des nanotechnologies » et « représentation du public », tandis que les expositions françaises proposent au visiteur de construire lui-même les représentations des nanotechnologies qui seront exposées. Dans ces trois cas, des façons de rendre le musée « démocratique » sont proposées<sup>208</sup> – dont aucune ne permet la mise en place de discussions collectives sur les problèmes relatifs à l'existence des substances nano et des questions éthiques.

### La conférence de citoyens ou comment fabriquer un citoyen neutre

La solution participative est aussi – et peut-être surtout – affaire de *dispositifs* qui proposent d'impliquer des « publics » dans des discussions sur les sujets techniques. Ces dispositifs participatifs sont plus ou moins stabilisés, certains d'entre eux ont été utilisés pour étudier d'autres questions techniques avant de l'être sur les nanotechnologies. Pour comprendre comment la solution participative est mise en œuvre à propos des nanotechnologies, il est nécessaire de considérer ces dispositifs dans le détail. Chacun d'eux repose sur la contribution d'un « citoyen » qui doit jouer un certain rôle dans une procédure donnée. En étudiant la réplique de quelques-unes de ces procédures (conférence de citoyens et débat public CNDP) sur les nanotechnologies, on pourra alors mettre au jour la fabrication du « public » des nanotechnologies, et s'interroger sur les façons de réaliser la solution participative.

#### La conférence de citoyens en France et aux États-Unis

La conférence de citoyens est une procédure devenue relativement répandue dans certains pays, en particulier au

208. Ce point est développé dans B. Laurent, "Representing nanotechnology and society in the science exhibit", article présenté au *Science and Democracy Network Meeting*, Londres, 27-29 juin 2010.

Danemark<sup>209</sup>. Elle consiste à tirer au sort un panel d'une quinzaine de personnes, à leur fournir une formation sur un sujet scientifique, puis à leur confier la rédaction d'un rapport, sur la base d'auditions publiques d'experts menées par le panel (c'est la conférence en tant que telle). Il s'agit donc ici de « fabriquer » un public qui n'existe pas avant la mise en œuvre du dispositif, et qui est censé disparaître une fois l'exercice achevé. Ce public est fait de citoyens « neutres », au sens où ils sont censés ne pas avoir d'avis sur la question traitée. La deuxième condition pour la réalisation d'une conférence de citoyens est de disposer d'un stock de connaissances non controversées qui pourra être transmis au panel lors de la formation. En France, la première conférence de citoyens est organisée en 1998 pour traiter des biotechnologies, à l'initiative du gouvernement et sous la tutelle de l'OPECST. Par la suite, de nombreuses conférences sont mises en place avec l'aide d'instituts de sondage. Certains d'entre eux se spécialisent dans ce « produit » qu'ils peuvent vendre à des entreprises privées soucieuses de leur image citoyenne. La stabilisation de la procédure se fait aussi par l'intervention de chercheurs en sciences sociales qui étudient le dispositif en même temps qu'ils participent à la mise en œuvre<sup>210</sup>.

Les débats autour des nanotechnologies ont permis de promouvoir la conférence de citoyens en France et aux États-Unis. Le dispositif est cité à de multiples reprises dans les arènes de la politique scientifique – il est mentionné au Congrès américain lors des auditions consacrées aux « implications » des nanotechnologies – et apparaît très vite comme une manière pertinente de faire appel à un « grand public » non biaisé.

209. Au Danemark, elle est appelée « conférence de consensus ». On utilisera dans les paragraphes suivants l'expression utilisée en France, « conférence de citoyens », qui précisément évite l'insistance sur le consensus.

210. Le politologue Daniel Boy, par exemple, a participé à l'organisation de la conférence de 1998. Il est coauteur avec Dominique Bourg de l'ouvrage *Conférences de citoyens. Mode d'emploi* (Éd. Descartes & Cie/C.L. Mayer, 2005), et est intervenu dans le comité de pilotage de plusieurs conférences.

En France, une association d'entreprises a soutenu l'organisation d'une « consultation citoyenne » en 2006 sur les nanotechnologies, tandis que le conseil régional de la région Île-de-France a organisé sa propre « conférence de citoyens » en 2006, en faisant appel à un comité de pilotage composé de scientifiques, de hauts fonctionnaires et d'une représentante d'ONG, et à un institut de sondage chargé du recrutement et de l'animation des sessions. Cette dernière conférence ayant eu un certain écho, c'est à elle que nous allons nous intéresser ici pour la mettre en parallèle avec une conférence américaine organisée par le Center for Nanotechnology in Society (CNS) évoqué au chapitre 3. Dans le cadre de son programme « d'évaluation des technologies en temps réel », le CNS organise en effet en 2008 le National Citizen Technology Forum (NCTF) consacré à l'augmentation des performances humaines. Le NCTF a la particularité d'être organisé sur plusieurs sites répartis sur le territoire américain, et ce de façon simultanée : au cours d'un des week-ends de formation, des échanges par Internet ont permis aux panels des différents sites de dialoguer ensemble.

La conférence de citoyens de la région Île-de-France et le NCTF américain sont deux exemples parmi les plus significatifs de l'utilisation des conférences de citoyens au sujet des nanotechnologies. On va voir l'intérêt de retracer dans le détail leur déroulement<sup>211</sup>.

### ***Un objectif commun : la démonstration***

La procédure appliquée aux États-Unis pour le NCTF s'inspire directement du travail d'un groupe de chercheurs de l'université de Caroline du Nord. Ceux-ci ancrent les conférences de citoyens dans une démarche expérimentale de recherche. Leurs « forums citoyens » sont organisés sur le modèle de la conférence danoise,

211. Pour une analyse plus complète, on pourra se reporter à l'article : B. Laurent, "Replicating participatory procedures. The consensus conference confronts nanotechnology", CSI Working Paper, n° 18 ([www.csi.ensmp.fr/index.php?page=WP&lang=](http://www.csi.ensmp.fr/index.php?page=WP&lang=)), article présenté à la 4S Conference, Washington, 28-30 octobre 2009.

et permettent à des chercheurs de mettre en évidence des règles de la délibération en petits groupes. Par exemple, ils peuvent permettre à leurs organisateurs de montrer que des cascades d'arguments s'échangent, au cours desquels les discussions sont progressivement solidifiées dans des formats d'opposition entre groupes<sup>212</sup>.

En France, les conférences sont commanditées par des instances publiques, mais aujourd'hui de plus en plus par des acteurs privés. La situation diffère du cas américain par le souci constant de « l'impact », des « effets » de la conférence et des recommandations qui en sont issues sur la prise de décision publique. Depuis la conférence de 1998 sur les OGM, l'argument généralement accepté consiste à affirmer que la conférence de citoyens contribue à faire exister un problème dans l'espace public<sup>213</sup>.

Il est assez clair que la conférence nanotechnologies de l'Île-de-France et le NCTF reprennent ces objectifs. L'impact sur la formulation des politiques est mis en avant en France – le conseil régional s'engage à prendre en compte les avis des citoyens et à les tenir informés de la façon d'intégrer leurs recommandations dans la politique régionale. Aux États-Unis, l'objectif est clairement le travail universitaire et l'étude des mécanismes de délibération et de discussion en petits groupes, sur des sujets techniques. Mais dans les deux cas, il est central d'organiser une démonstration – comme on parle de démonstration scientifique. Il faut montrer que les citoyens « ordinaires » ont la capacité d'intervenir de façon pertinente sur les sujets techniques. Cette dimension « démonstrative » prend place pour les acteurs américains dans le cadre de

212. P. Hamlett et M. Cobb, "Potential solutions to public deliberation problems: structured deliberations and polarization cascades", *Policy Studies Journal*, 34(4) : 629-648, 2006.

213. On pourra se référer à l'article de D. Boy, P. Roqueplo et D. Donnet-Kamel, « Un exemple de démocratie participative. La conférence de citoyens de 1998 sur les organismes génétiquement modifiés », *Revue Française de Science Politique*, 50: 779-809, 2000. Impliqués dans l'organisation de la conférence de 1998, ces trois chercheurs ont explicité très clairement cet argument.

la démonstration de l'intérêt des outils du CNS pour refonder une démarche d'évaluation des technologies au niveau fédéral – c'est la démarche de l'éthique ontologique expérimentale décrite au chapitre précédent. Pour les commanditaires de l'Île-de-France, la démonstration est tout aussi importante. La demande émane d'un conseiller régional Verts, vice-président à la Recherche et très impliqué dans des dispositifs de soutien à des partenariats entre société civile et recherche universitaire. Il importe ainsi de démontrer que les citoyens, une fois formés, ont la capacité de formuler un avis sensé sur un sujet complexe. C'est pourquoi un film est réalisé en même temps que la conférence de l'Île-de-France, afin d'exposer les détails de la procédure. Que son coût dépasse celui de l'organisation de la conférence en tant que telle importe peu, mais il est un élément capital de la valeur démonstrative du dispositif.

### *Préparer la conférence*

Organiser une conférence de citoyens n'est pas un exercice simple : il faut disposer d'un panel de citoyens, de formateurs, et d'un ensemble de connaissances à transmettre aux participants.

Les deux conférences diffèrent dans leur organisation. La conférence française s'appuie sur des formateurs qui présentent aux panels les questions et les enjeux des nanotechnologies. Dans le modèle américain – plus fidèle en cela au modèle danois initial – des documents écrits sont transmis aux citoyens, qui en discutent ensuite en petit groupe aidés par des animateurs, et les utilisent pour poser des questions à des experts. Les organisateurs des deux dispositifs se heurtent à la même difficulté : offrir une représentation du sujet technique discuté aux membres du panel, afin de s'assurer de leur information objective. Or les nanotechnologies se révèlent un sujet difficile pour cet exercice. On comprend aisément pourquoi à présent : faites de visions du futur et de programmes politiques, de nouveaux projets de recherches et de substances chimiques aux identités mal définies, les nanotechnologies sont rétives à la représentation « objective ».

Cela n'échappe pas aux organisateurs des conférences de citoyens. Ceux de la conférence de l'Île-de-France tentent de contourner le problème en construisant la représentation des nanotechnologies par le biais d'une liste de leurs applications possibles du domaine. Peuvent ainsi être passées en revue les peintures autonettoyantes, les matériaux nouveaux, plus solides et plus légers, les outils de traitement thérapeutique ciblés sur les zones à guérir... Mais certains membres du comité de pilotage ne se satisfont pas de cette perspective. Pour eux c'est bien le programme global de la conférence qui doit être représenté, c'est la « vague des nanos » qui doit être expliquée au panel<sup>214</sup>. La divergence n'est pas anecdotique – et reprend celle que nous avons déjà rencontrée dans les discussions qui voient s'opposer les éthiciens ou encore l'opposition entre *la* et *les* nanotechnologies. Définir les nanotechnologies comme un ensemble d'applications, c'est supposer qu'on peut raisonnablement étudier chacune d'entre elles et décider en fonction de cet examen : opter pour une régulation, une interdiction, ou un étiquetage. Représenter les nanotechnologies comme un programme, comme une « vague », permet de mettre en avant la question très politique de la décision collective en matière de politique scientifique : comment contrôler, diriger un programme multiforme de politique scientifique, dont les ressorts sont divers et les décisions distribuées ? La différence de perspective se traduit par des discussions parfois vives parmi les organisateurs, à propos des formateurs à inviter pour parler au panel de ce que « sont » les nanotechnologies. « On ne parlait que d'éthique », déplore un des organisateurs de l'institut de sondage<sup>215</sup>. « Parler d'éthique », pour lui, c'était précisément ne pas se limiter à la présentation sobre des applications des nanotechnologies, en montrer posément les bénéfices et les risques, mais mettre en avant les nanotechnologies comme un programme dont le sens profond va avec des tentatives de contrôle de la nature, l'attente de

214. « La vague des nanos » est le titre d'une note proposée au comité de pilotage par deux de ses membres.

215. Lors d'un entretien avec l'auteur (Paris, février 2009).

propriétés émergentes, et des formes politiques incertaines et peut-être non compatibles avec la vie démocratique.

La conférence américaine s'interroge aussi sur la nature du contenu scientifique qui doit être transmis aux participants. Contrairement aux organisateurs de la conférence de l'Île-de-France, les organisateurs américains choisissent très vite de restreindre le sujet. Il s'agit moins d'assurer une prise pour les membres du panel (« cela serait plus facile de se faire entendre sur un sujet précis ») que de permettre l'analyse scientifique des dynamiques de la discussion collective qui est un des buts de l'exercice. Ainsi le thème de l'amélioration des performances humaines est choisi pour le NCTF ce qui n'empêche pas que se pose la même difficulté que dans le cas précédent pour la représentation des nanotechnologies. L'amélioration des performances humaines peut être considérée comme un ensemble d'applications techniques dont les bénéfices et les risques peuvent être rationnellement présentés. Elle peut aussi être appréhendée comme un programme de développement futur, qui conduira une politique scientifique centralisée à transformer la vie sociale. Contrairement à la conférence de l'Île-de-France, les organisateurs du NCTF parviennent cependant à prendre cette tension au sérieux et à l'intégrer dans le dispositif, en utilisant un outil que nous avons croisé plus haut : le scénario. En s'appuyant sur des récits d'anticipation qui décrivent des usages possibles de technologies « d'amélioration de l'humain » (par exemple des récits d'individus dont les performances intellectuelles sont « augmentées » par l'ajout d'implants dans le cerveau), le dossier de présentation fourni au panel transforme le futur en un objet qui peut être circonscrit et représenté.

### ***La fabrique du bon citoyen***

Faire fonctionner une conférence de citoyens suppose de disposer de panélistes disposés à jouer le jeu du dispositif, c'est-à-dire à s'informer sur un sujet inconnu au départ, à s'engager dans des discussions avec leurs collègues du panel, puis à rédiger un

rapport. C'est là un travail qui exige un encadrement permanent de la part des organisateurs. L'expertise sur la participation que proposent aujourd'hui certains acteurs comme les instituts de sondage consiste précisément à faire ce travail : choix des panélistes, animation des réunions internes et des exposés des experts, aide à l'écriture du rapport.

Le choix des panélistes est fondamental car il s'agit de produire un « citoyen neutre », capable de s'impliquer sur un sujet à partir d'une position réputée objective, car non contaminée par des intérêts spécifiques relatifs au sujet traité. Fabriquer un citoyen neutre requiert un ensemble de techniques que les vendeurs de conférences de citoyens ont graduellement perfectionnées, mais dont le fonctionnement n'est jamais garanti.

La première condition pour fabriquer un citoyen neutre est qu'il ne soit pas impliqué d'une façon ou d'une autre dans le sujet discuté. Par exemple, un chef d'entreprise d'une PME utilisatrice de nanoparticules ou un militant écologiste favorable à un moratoire sur les produits contenant des nanomatériaux ne peuvent être acceptés. Mais s'assurer que les citoyens sont effectivement neutres et suffisamment « moyens » va plus loin. Ainsi, l'institut de sondage organisateur de la conférence de l'Île-de-France a mis au point une technique de sélection des membres du panel qui passe par des étapes successives, au cours desquelles des critères sont utilisés et raffinés après l'expérience de plusieurs conférences. Par exemple, le nombre d'enfants des panélistes est devenu un critère au moment de la conférence sur les nanotechnologies (l'institut s'est donc assuré de l'équilibre de cette variable dans le panel) car des conférences précédentes avaient permis de l'identifier comme un paramètre dans la perception du risque.

Après une première sélection à distance, sur la base d'une liste de critères, des entretiens sont fixés avec les organisateurs de l'institut de sondage pour s'assurer que le panéliste potentiel va jouer son rôle de citoyen neutre. Cependant, tous les investissements mobilisés pour « fabriquer un citoyen neutre » n'empêchent pas que surviennent des ratés, du fait de l'incertitude sur les limites et le

contenu des problèmes des nanotechnologies. Ainsi, lors de la conférence de citoyens de l'Île-de-France, un des panélistes se révèle être un participant difficile : contredisant l'animateur, mettant en avant les positions les plus critiques envers les nanotechnologies, et notamment celles qui dénoncent un programme global de contrôle du vivant à la merci d'intérêts financiers, ce participant n'entrait pas bien dans les cadres de la conférence. De l'aveu même des organisateurs, c'était un « échec de la technique de recrutement ». Ce citoyen, « pas assez neutre », contribuait ainsi à questionner la représentation des nanotechnologies que proposaient les organisateurs.

L'exemple américain n'est pas en reste en matière de dispositifs mobilisés pour fabriquer le citoyen capable de délibérer. D'autant plus que le NCTF veut être un événement national : ce sont les États-Unis entiers qui doivent s'exprimer par le biais de cette conférence. La solution adoptée par les organisateurs consiste à mettre en réseau les différents sites du NCTF en organisant sur Internet une des séances de questions aux experts formateurs. Internet permet ainsi d'introduire une nouvelle question de recherche : quels sont les effets d'une discussion virtuelle sur les dynamiques de délibération ? C'est aussi un instrument mobilisé pour assurer la neutralité des panélistes : les organisateurs peuvent expliquer qu'une fois chacun devant un écran plutôt que devant des visages, ils n'ont aucun risque d'être influencés par la race ou le sexe de leurs interlocuteurs<sup>216</sup>.

Ainsi, des sous-groupes de chaque panel local se retrouvent en ligne, pendant que les autres participants sont censés suivre sur leurs écrans les questions échangées. Les groupes tournent et, au bout de quelques itérations, chaque panéliste a participé à au moins une discussion avec des membres des panels des autres sites. Mais

216. L'argument est fait explicitement par les organisateurs des forums de citoyens : K. Prosseda, "Policy debate on the Internet: Panelists evaluate the process", in J. Herkert (Ed.), 2003, *International Symposium on Technology and Society*, IEEE, Piscataway, NJ, 2002.

la démarche n'est pas très engageante pour les membres inactifs des panels, qui pour beaucoup préfèrent alors ne pas suivre des discussions qui ont lieu à distance. De plus, les tentatives de circonscrire les nanotechnologies à leurs applications les plus futuristes (l'amélioration des performances) ne vont pas sans difficulté. Les participants tentent sans cesse de déplacer le débat de la seule amélioration des performances à des questions de justice sociale ou de risques sanitaires, forçant les organisateurs à intervenir sans cesse afin de « rester dans le sujet » – quitte à utiliser leur accès privilégié à l'outil de débat en ligne. Là encore, les organisateurs s'efforcent de construire – ici par des moyens techniques, le « bon citoyen », non influencé et capable de discuter du sujet défini au départ.

### ***Produire des recommandations***

On le voit sur les deux exemples, la conférence de citoyens fonctionne à la condition qu'elle puisse fabriquer un « bon citoyen », qui doit s'intéresser assez au sujet pour participer... mais pas au point de trop critiquer la façon dont il est présenté par les organisateurs, de ne pas suivre la démarche de discussion proposée, ou de sortir des limites du sujet défini par les organisateurs.

Dans tous les cas, la médiation des animateurs est indispensable pour obtenir la parole « objective » des citoyens « neutres ». Ce sont les animateurs qui assurent que les recommandations écrites sont bien celles des citoyens. La difficulté d'obtenir un avis qui puisse être considéré comme « celui des citoyens » est bien visible lorsqu'on peut justement mettre en doute la paternité des recommandations. Le cas d'une formatrice de la conférence de l'Île-de-France est cité par certains membres du comité de pilotage : ses propos ont été très appréciés par les membres du panel, et se retrouvent presque à l'identique dans les recommandations. Certains déplorent alors que les questions de liberté individuelle qui faisaient l'objet de son intervention soient ainsi très présentes dans le rapport final, au détriment des autres problèmes posés par les nanotechnologies. Cette anecdote souligne le travail nécessaire

pour faire en sorte que les recommandations écrites soient effectivement celles des citoyens. Il ne s'agit pas pour nous ici de critiquer ce qui serait une « influence » sur le panel (il est évident que la formation reçue va orienter le travail du panel), mais de bien saisir l'investissement nécessaire (et pas toujours suffisant comme on le voit) pour que les recommandations émergeant de la conférence de citoyens soit considérées comme la « parole objective » des citoyens du panel. La volonté de s'en assurer absolument produit d'ailleurs des situations surprenantes. Une des animatrices de la conférence américaine explique ainsi qu'elle s'interdisait d'intervenir au cours des discussions lors des séances du NCTF, y compris lorsque les membres du panel se posaient des questions dont elle connaissait parfaitement la réponse<sup>217</sup>.

Les recommandations de la conférence de l'Île-de-France, tout en s'inscrivant dans le cadre d'un soutien au développement des nanotechnologies, mettent l'accent sur l'information nécessaire au sujet des risques, sur la nécessité de lancer des opérations de recherche en toxicologie, ainsi que sur l'obligation de prendre en compte les questions éthiques relatives aux nanotechnologies. Celles du NCTF varient en fonction des sites. Elles sont résumées dans un rapport publié par les organisateurs<sup>218</sup>, qui met en avant des thèmes similaires et en particulier l'attention aux possibles inégalités d'accès à de futures technologies d'amélioration des performances. La région Île-de-France commanditaire de la conférence de citoyens répond aux recommandations en remarquant que, si elles sont intéressantes, la plupart ne lui sont pas adressées. Elle s'en inspire cependant pour lancer des programmes de financements régionaux pour des études de toxicologie. Comme prévu, le NCTF produit avant tout des articles universitaires analysant les dynamiques de la délibération en petit groupe<sup>219</sup>. Il est utilisé

217. Entretien de l'auteur avec une organisatrice du NCTF à l'université du Wisconsin à Madison (entretien téléphonique, juin 2009).

218. NCTF Report, 2008, CNS, Arizona State University.

219. Par exemple M. Cobb et P. Hamlett, "The first national citizens

par les organisateurs comme une démonstration de la possibilité de faire discuter des non-experts sur des sujets complexes<sup>220</sup>, sans que les objectifs de cette discussion soient toujours très clairs.

Pour intéressants qu'ils soient, les deux avis sont très compatibles avec les principes de l'innovation responsable, et sont donc accueillis très favorablement par les commanditaires. La démonstration voulue est assurée : les citoyens ont fourni des avis « raisonnables » sur les nanotechnologies... et la presse peut titrer que les citoyens sont « favorables aux nanotechnologies<sup>221</sup> ».

### ***La solution participative par la conférence de citoyens***

La complexité de la fabrication du citoyen capable de réaliser cette démonstration suppose que la procédure devienne elle-même un objet d'expertise, qu'il soit possible de transférer d'une question technologique à une autre. Or les deux conférences montrent que le transfert de la procédure sur les nanotechnologies n'est pas aisé. Les nanotechnologies résistent à leur représentation « objective » et la diversité de leurs applications rend problématique la fabrication du citoyen neutre.

Ces difficultés n'ont pas empêché les commanditaires de réaliser les démonstrations voulues. Mais elles ont été aussi des opportunités pour introduire d'autres façons d'envisager la solution participative. Ainsi, la position très critique portée par le membre du panel de l'Île-de-France considéré comme un « mauvais citoyen » suggère de ne pas prendre pour acquise la représentation des nanotechnologies par des listes d'applications que proposaient certains organisateurs de la conférence de citoyens. Les oppositions qui surgissent au sein même du comité de pilotage de

technology forum on converging technologies and human enhancement: Adapting the Danish consensus conference in the USA", 2008, paper presented at the 10th Conference on Public Communication of Science and Technology, Malmö, Suède, 25-27 juin, 2008.

220. Par exemple dans le rapport d'évaluation du NCTF ou au cours de présentations publiques du CNS par son directeur.

221. « Les citoyens de l'Île-de-France favorables aux nanotechnologies », *Les Échos*, 23 janvier 2007. »

cette conférence à propos de la bonne représentation des nanotechnologies sont l'occasion pour certains membres du comité de proposer un rôle décalé du citoyen dans la conférence : il serait bon d'avoir, plutôt qu'un citoyen neutre, un citoyen « de qualité » qui devrait s'impliquer dans les discussions, au prix, peut-être, de la mise à l'écart de certains membres du panel, certes non dépourvus de bon sens, mais sans doute incapables de prendre position au sujet des enjeux complexes abordés.

Dans l'exemple américain, les difficultés rencontrées par le NCTF sont une opportunité pour certains organisateurs de rappeler d'autres façons de faire des conférences de citoyens. Par exemple, des membres de l'équipe d'organisation rattachée à l'université du Wisconsin à Madison avaient organisé en 2005 une conférence de citoyens sur les nanotechnologies, à la suite de laquelle des membres du panel ont continué à s'intéresser au sujet, sont intervenus au Congrès pour expliquer leur position, et ont participé à la coalition d'ONG auteurs des pétitions sur les nanoproduits adressées à la FDA et à l'EPA. En mettant en regard les difficultés rencontrées par la configuration du NCTF avec l'effet produit par la conférence de Madison sur la mobilisation sociale locale<sup>222</sup>, les organisateurs de l'université du Wisconsin peuvent souligner l'étroitesse d'un objectif qui se limite à mesurer les effets des discussions sur Internet dans les dynamiques délibératives : le rôle de la conférence de citoyens n'est-il pas plutôt de fournir des ressources aux groupes sociaux qui en manquent, afin qu'ils s'investissent dans les débats politiques sur les technologies<sup>223</sup> ?

Cette brève incursion dans les mécanismes de la production du citoyen neutre montre la solution participative à l'œuvre sur les nanotechnologies. Malgré les difficultés que connaît la réplique de la procédure, ce que produit ici la solution participa-

222. Notamment dans D. Kleinman et J. Delborne, "Engaging citizens: the high cost of citizen participation in high technology", 2009, paper presented at the 4S Meeting, Washington, DC, Oct 28-30, 2009.

223. Entretien de l'auteur avec Daniel Kleinman (mai 2009).

tive (les avis du panel) est tout à fait compatible avec l'innovation responsable. En cela, elle ne remet pas en cause les nanotechnologies telles qu'elles existent dans l'espace public, c'est-à-dire comme une politique scientifique qui comprend l'évaluation de ses impacts. Le chose n'est pas surprenante : toute la mécanique de la conférence consiste à construire un citoyen « intéressé mais pas trop », capable de prendre position sur une information « objective et neutre », afin de démontrer que les non-experts peuvent intervenir « de façon raisonnable » dans la discussion sur un sujet technique, ce dernier point étant précisément la base de l'innovation responsable.

Il ne s'agit pas ici de critiquer la conférence de citoyen pour le déploiement des technologies de construction du citoyen qu'elle entraîne. C'est sans doute une condition nécessaire pour obtenir le résultat voulu. Mais il faut souligner qu'elle apparaît comme le dispositif parfait pour solidifier l'innovation responsable sans pour autant entrer nécessairement dans la question centrale des nanotechnologies, celle de l'existence des objets et de la définition des problèmes.

## Le débat public CNDP ou la représentation des arguments à l'épreuve

### *Un débat dès le départ marqué par des ambivalences*

En France, le débat national sur les nanotechnologies organisé en 2009 à la suite du Grenelle de l'Environnement a constitué la première grande expérience nationale de participation sur un sujet technique. Les expériences précédentes de débat public sur des programmes de grande ampleur n'avaient pas été concluantes. Un « grand débat sur l'énergie » organisé par le ministère de l'Industrie avait eu lieu en 2003, et n'était pas parvenu à empêcher les critiques, notamment de la part des associations anti-nucléaires. À la fois organisateur, commanditaire et partie prenante du débat, le gouvernement de l'époque s'était vu reprocher la confusion des rôles entretenue et, en conséquence, la partialité des approches

choisies – la sortie du nucléaire n'étant pas considérée comme une possibilité.

Pour échapper à ces travers, le débat public sur les nanotechnologies est confié à la Commission nationale du débat public, qui dispose depuis 2002 de la possibilité d'organiser des débats publics sur des « options générales ». Comme la conférence de citoyens, le débat public CNDP est devenu une technologie bien maîtrisée. La procédure est fondée sur des réunions publiques préparées et organisées par une commission particulière, et sur l'écriture de « cahiers d'acteurs » dans lesquels toutes les parties prenantes peuvent exposer leur position sur le sujet discuté. Au fil des débats, la Commission s'est assurée de la stabilité de la procédure en publiant des cahiers méthodologiques, tandis que des sociologues se sont employés à théoriser cette « expérience française de démocratie participative <sup>224</sup> ».

Pour le débat sur les nanotechnologies, un dispositif inédit est mis en place. Sept ministères sont commanditaires, dont le ministère de l'Écologie et du Développement durable. Le commissariat au développement durable coordonne l'ensemble des travaux.

La saisine de la CNDP est l'occasion d'explicitier l'objectif du débat public. Il est simple : « éclairer les grandes orientations de l'action de l'État » en matière de nanotechnologies, et en particulier au sujet des points suivants :

- « modèles de soutien à la recherche et aux innovations en matière de nanotechnologies ;
- caractérisation de l'exposition et évaluation de la toxicité sur l'homme et les écosystèmes, notamment grâce à l'élaboration de référentiels et d'outils pour la détection des nanoparticules ;
- information et protection du salarié sur son lieu de travail ;
- information et protection du consommateur ;
- organisation du contrôle et du suivi, gouvernance <sup>225</sup>. »

224. Voir M.Revel et al., *Le Débat public. Une expérience française de démocratie participative*, La Découverte, Paris, 2001.

225. Lettre de saisine de la CNDP, 23 février 2009.

Ainsi, la saisine reconnaît que des investissements massifs ont été réalisés dans les nanotechnologies, et affirme la nécessité du secteur pour la compétitivité du pays. Le débat prend place en effet alors que le plan de soutien de l'État aux développements des nanotechnologies – le plan NanoInnov à hauteur de 70 millions d'euros annuels sur cinq ans – a été annoncé au printemps de l'année 2009. La saisine inscrit le débat dans le cadre de l'innovation responsable : il doit identifier les « risques et conditions de développement des nanotechnologies », afin de « favoriser une recherche-développement compétitive », et « d'assurer un développement maîtrisé de ces technologies ». Elle utilise les mêmes répertoires que le discours américain de la politique scientifique sur les nanotechnologies : défense de la compétitivité nationale, développement technologique, et étude de toxicité, sans que ces thèmes ne soient reliés à des mécanismes de prise de décision <sup>226</sup>.

Le dossier du maître d'ouvrage – donc des sept ministères – est remis en juillet 2009 à la CNDP, qui forme alors suivant la procédure établie par la loi de 2002 une commission particulière de débat public (CPDP). La CPDP est présidée par Jean Bergognoux, un ancien industriel habitué des débats publics. La commission qu'il rassemble comprend cinq membres qui, conformément aux principes de la CNDP, ne sont pas impliqués dans les discussions sur les nanotechnologies.

### ***Répliquer la procédure CNDP sur les nanotechnologies***

La procédure du débat public est bien maîtrisée par la CNDP lorsqu'elle est saisie sur les nanotechnologies par le gouvernement. Mais le domaine pose des problèmes inédits.

Première difficulté du sujet : sa complexité. La procédure CNDP repose sur l'indépendance des organisateurs du débat par rapport au maître d'ouvrage et au sujet traité. « Être indépendant » des

226. Un précédent débat d'option, le débat sur les déchets nucléaires, avait fourni des éléments aux parlementaires (sur la possibilité d'un délai de révision et l'institutionnalisation de la réversibilité des choix techniques) pour la rédaction de la loi « Transparence et Sécurité en matière nucléaire ».

nanotechnologies, pour les organisateurs, voudrait donc dire ne pas avoir d'*a priori* sur le sujet et, si possible, ne pas même le connaître. Mais la complexité du sujet fait qu'un groupe d'experts est constitué pour aider les organisateurs des débats à l'aborder. Les membres de ce groupe, des scientifiques, juristes, et acteurs administratifs, se voient comme des contributeurs « non parties prenantes » dans l'organisation des débats, des garants de « l'objectivité de l'approche choisie par le CPDP ». Or la caution d'objectivité ainsi gagnée a pour contrepartie d'être une porte d'entrée pour la critique : les opposants aux nanotechnologies – et on verra qu'ils ont été actifs au cours du débat – mettent en avant le manque de transparence de la démarche, et le rôle mal défini que tient ce groupe d'experts dont les actions ne sont pas contrôlées. Par ailleurs, ce surcroît d'objectivité est peu cohérent avec ce que produit le dispositif des cahiers d'acteurs, une fois celui-ci étendu aux agences de l'État – qui sont censées fournir l'objectivité technique nécessaire à l'administration. En présentant leur point de vue dans des cahiers d'acteurs aux côtés de ceux des autres parties prenantes, les agences montrent que leur production est une objectivité *parmi d'autres*, qui peut donc être potentiellement contestée. Dès lors, on comprend mal ce qui peut fonder le recours à une expertise à destination des organisateurs qui, elle, ne serait pas considérée comme potentiellement contestable.

Seconde difficulté : le débat est censé être « national<sup>227</sup> ». La solution adoptée par la Commission consiste à répartir le débat sur plusieurs sites à travers la France, en tentant d'associer au moins une partie des discussions à des questions supposées avoir une pertinence locale – concernant par exemple une activité industrielle régionale. Par exemple, la réunion à Lille est consacrée dans sa

227. Les deux débats d'options générales organisés par la Commission avant le débat sur les nanotechnologies avaient trait à des enjeux localisés : le débat sur les déchets nucléaires portait en grande partie sur le site de Bure, dans la Meuse, où doit être implanté le laboratoire d'étude sur le stockage des déchets à vie longue ; le débat sur les transports dans l'Arc languedocien était, par définition, rattaché à une zone géographique limitée.

première partie à des discussions sur l'industrie textile. C'est là une façon pour les organisateurs de réaliser un débat « national » qui pourrait impliquer le territoire entier, et prendre en compte à la fois la dimension du développement territorial associé aux nanotechnologies et les grandes questions liées au sujet.

### *Des réunions publiques houleuses*

Les réunions du débat CNDP commencent en octobre 2009. Elles sont organisées suivant le modèle habituel des débats « avec CPDP » : en présence de représentants du maître d'ouvrage, des acteurs du sujet (industriels, scientifiques, associatifs) sont invités et introduisent le débat. Des questions sont ensuite adressées par les participants à la réunion publique, auxquelles s'en ajoutent d'autres, envoyées via Internet. Les questions sont retranscrites intégralement et chacune reçoit une réponse de la part du maître d'ouvrage.

Mais ce débat qui se voulait une grande expérience participative connaît un déroulement chaotique. Dès la première réunion à Strasbourg le 28 octobre 2009, une banderole est déployée dans le public : « Débat pipeau, nanos imposées ». La réunion de Toulouse est interrompue à la suite du jet d'une bouteille d'ammunition dans la salle. Celle de Clermont-Ferrand débute par l'intervention d'une jeune femme habillée en tailleur strict qui prend la parole dans le public, dévoile les « questions que la CNDP a préparées », et annonce que les organisateurs ont orchestré un vaste plan de communication pour faire accepter les nanotechnologies. Le CNRS et le CEA cherchent pourtant à mobiliser leur troupe et encouragent leurs chercheurs à participer aux réunions publiques, dans l'espoir, peut-être, de contrebalancer les positions des opposants. Cela n'empêche pas la perturbation des réunions suivantes. Celle de Rennes, en janvier 2010, est rapidement interrompue par des sifflets, tandis que de grandes banderoles s'affichent dans la salle : « Débat virtuel, nuisances réelles ». La réunion de Grenoble ne peut pas même se tenir : à peine le

président a-t-il salué la salle qu'il est interrompu par les cris et les applaudissements d'une centaine de personnes de l'assistance.

Ces actions sont le fait de groupes d'opposants aux nanotechnologies, à leur programme et à toutes leurs composantes, y compris la solution participative dont le débat est un des instruments. Nous reviendrons au chapitre suivant sur leurs revendications. Notons à ce stade que face à leurs actions, les organisateurs cherchent à restreindre l'entrée des salles des réunions ou, au moins, à la contrôler. Des participants rapportent que certaines personnes se sont vu interdire l'entrée des salles, suivant des critères qui leur semblent arbitraires. Certains affirment que l'entrée des réunions leur a été refusée car ils auraient été « reconnus » par les organisateurs. Le principe de la réunion publique ouverte à tous est en tout cas sérieusement mis à mal. Il l'est encore plus quand la CPDP décide d'aménager son dispositif pour éviter les troubles : à plusieurs reprises, la discussion avec les invités se déroule dans une salle fermée, elle est retransmise sur Internet en direct, et sur un écran dans une seconde salle ouverte au public. Les questions peuvent alors être posées par téléphone ou en postant un message sur le site Internet du débat .

Le 26 janvier 2010, les organisateurs du débat découvrent des tags sur la porte de la salle où doit se tenir le lendemain la réunion publique d'Orsay. La commission particulière, qui « craint pour la sécurité » des participants au débat, préfère annuler la réunion publique. Les trois réunions suivantes prévues au programme sont finalement annulées, et remplacées par des ateliers de travail au cours desquels sont abordés les thèmes relatifs à « l'éthique et à la gouvernance des nanotechnologies ». Les ateliers sont suivis en soirée de débats rassemblant des experts et des parties prenantes des discussions sur les nanotechnologies. Ces débats, retransmis sur Internet, peuvent recevoir des questions de la part des internautes qui se seraient connectés.

Les ateliers sont ouverts aux contributeurs des réunions précédentes, rédacteurs de cahiers d'acteurs et invités et,

potentiellement, à toute personne intéressée... au prix d'un dispositif de contrôle jamais vu auparavant dans l'histoire des débats CNDP. Les participants non invités doivent remplir un formulaire, puis, une fois leur demande agréée, se voient proposer un rendez-vous à une sortie de métro parisien. Après s'être vu remettre un plan imprimé, ils peuvent ensuite gagner le local où se tient le « débat public » – non sans que leur identité ait été plusieurs fois contrôlée.

C'est à ce prix que les organisateurs ont pu s'assurer de l'absence de perturbation. Mais pour les opposants, le but était atteint : ils sont parvenus à faire annuler les réunions et à mettre en évidence ce qu'ils considèrent être la vraie nature du débat public, c'est-à-dire un dispositif organisé par et pour des experts, dont le citoyen est exclu s'il veut être autre chose qu'un apprenant de bonne volonté ou un consommateur potentiel. Plutôt que de perturber la réunion finale, les opposants préfèrent ainsi organiser leur propre débat en parallèle, un « vrai débat contre les nanotechnologies » qui attire une centaine de personnes et lors duquel sont discutés les modes de mobilisation contre les nanotechnologies.

### ***Publics du débat et questions discutées***

C'est donc l'opposition aux nanotechnologies qui apparaît le plus nettement au cours du débat public. Quant au « grand public » attendu lors des réunions, il est composé avant tout de curieux qui viennent s'informer sans être familier des nanotechnologies, et qui assistent aux réunions comme on viendrait à une conférence scientifique. D'autres voix se font entendre malgré tout. Des acteurs associatifs se sont impliqués dans le débat, au prix bien souvent d'une certaine ambivalence sur leurs positions. Par exemple, les Amis de la Terre ont accepté de jouer le jeu du débat CNDP, et de contribuer par un cahier d'acteurs. Lors de la réunion de Rennes, une des premières dont le déroulement est sérieusement perturbé par les opposants, l'animatrice de la séance prend la représentante des Amis de la Terre plusieurs fois à partie pour montrer aux opposants qu'elle au moins « a apporté des

arguments ». Mal à l'aise du fait des sollicitations et des organisateurs et des opposants, prise dans la position difficile, qu'elle reconnaît volontiers, d'avoir accepté d'entrer dans le dispositif pour pouvoir le critiquer, la représentante des Amis de la Terre finit par quitter la salle de réunion. Après cette séance, l'association annonce se retirer du débat, constatant que sa présence a servi aux organisateurs à « légitimer le débat face à ses opposants ». Ne reste alors que France Nature Environnement comme intervenant associatif le plus actif dans les travaux sur les nanotechnologies.

Quant au contenu des discussions – quand elles ont pu se tenir –, il est frappant de constater à quel point les réunions reviennent sans cesse aux mêmes points. Les participants font état de la faiblesse des études en matière de risques toxicologiques. Les Amis de la Terre – tant qu'ils participent au débat – réclament un moratoire total sur les nanoproduits, France Nature Environnement un moratoire partiel (qui exclurait les produits de santé). Les associations comme les agences sanitaires et ministères rappellent la nécessité de conduire des évaluations risque/bénéfice rigoureuses. L'importance de la prise en compte du cycle de vie des produits pour les évaluations de risque est parfois soulignée. Quant aux acteurs scientifiques, nombre d'entre eux reprennent un credo bien connu : il faut expliquer les résultats à la société civile, on ne peut laisser la population sans explication sur un sujet complexe.

Ainsi les discussions insistent encore sur des points intéressants et pertinents, mais bien connus des acteurs concernés – le manque général d'information –, et ne conduisent guère à faire évoluer leurs positions. On le voit, la constitution des êtres et des problèmes – qui est pourtant l'enjeu politique principal des nanotechnologies – n'entre pas dans la discussion<sup>228</sup>.

228. Cependant, les problèmes de définition sont parfois abordés, notamment lorsque les représentants de l'industrie agroalimentaire annoncent qu'ils « ne font pas de nanos » (une position qui n'est tenable qu'en considérant que les agrégats de substances nano ne sont eux-mêmes « pas nano »).

### *L'impossible représentation des arguments*

La procédure CNDP est efficace pour explorer une controverse dans le but d'assurer la représentation des prises de position et des arguments des différents acteurs qui s'intéressent au sujet débattu<sup>229</sup>. Ce travail permet par exemple à un industriel de constater la présence d'une espèce protégée ou d'un monument historique dans des zones concernées par son projet. L'exploration suppose un investissement fort de la part des organisateurs, qui doivent s'efforcer de repérer les acteurs les plus discrets, par exemple des pêcheurs actifs dans le périmètre d'une zone industrielle en projet, ou encore un collectif de sauvegarde d'un patrimoine local potentiellement menacé par un projet d'infrastructure. Ce sont là des « acteurs types » des débats de la CNDP, qui concernent des controverses localisées dont les enjeux sont définis.

Or s'il y a controverse au sujet nanotechnologies, elle a trait à la politique scientifique, et donc à cet assemblage complexe de projections futuristes appuyées sur des instruments de gestion (comme les feuilles de route décrites dans le chapitre 1), de pratiques scientifiques, de risques à gérer... Cet objet multiforme rend plus difficile le positionnement des acteurs concernés. Des ONG peuvent réclamer des informations, voire demander un moratoire, mais il leur est difficile de se positionner sur la politique scientifique en tant que telle. Paradoxalement, le groupe le plus concerné par le problème tel qu'il se présente à l'heure du débat est bien constitué par les opposants qui dirigent leurs actions contre la politique scientifique en constitution et surtout pas contre les risques de telle ou telle application mais à qui les organisateurs reprochent de ne pas suivre les règles du jeu de la discussion collective.

Avec les nanotechnologies, le dispositif CNDP est déployé dans une situation où les caractéristiques de la controverse sont très loin des domaines habituels de la commission. Il échoue donc à

229. S. Crombez et L. Brice, « Le débat public : du dialogue de sourds à l'exploration de sujets complexes », 2009, *La Gazette de la Société et des Techniques*, n° 50, janvier 2009.

identifier le public capable de s'investir dans le débat public, et ne permet pas de saisir ce qui fait la spécificité de la question des nanotechnologies : la définition des êtres et des problèmes.

En conséquence, les conclusions de débat reprennent certains des thèmes de l'innovation responsable (mesure des bénéfices et des risques, circulation de l'information) sans entrer dans le cœur des enjeux politiques des nanotechnologies. Appeler à « recenser (les) substances, et à une information large, précise et continue<sup>230</sup> » ne considère pas comme problématique l'existence même des substances. « Amplifier la recherche pour mieux évaluer les bénéfices et les risques » ignore l'incertitude intrinsèque aux programmes des nanotechnologies et suggère, là encore, que davantage d'expertise de sciences physiques et de sciences sociales permettra des évaluations correctes<sup>231</sup>. Proposer « un encadrement éthique<sup>232</sup> » ne met pas en discussion les différences politiquement significatives entre les façons de faire de l'éthique. Cependant, en affirmant qu'une « gouvernance nouvelle » doit être mise en œuvre, la commission suggère des innovations institutionnelles qui pourraient prendre en charge les questions relatives à l'existence des substances nano et à la formulation des questions éthiques.

Un des derniers thèmes soulevé par la CNDP dans le bilan du débat est en effet relatif à la gouvernance des nanotechnologies. Le bilan suggère la création d'une « nouvelle autorité » :

Certains préconisent l'institution d'une nouvelle autorité, chargée de la gouvernance et comprenant en son sein les différentes catégories d'acteurs. Instance de veille, elle aurait pour mission de valider en toute indépendance les orientations stratégiques et de contrôle, les normes et procédés d'évaluation. Elle serait appelée à rejoindre une autorité de même type au niveau européen. Les représentants des ministres signataires, sans prendre d'engagement formel, n'ont pas manifesté d'hostilité à l'égard de telles propositions qu'ils

230. Commission nationale du débat public, *Bilan du débat public sur la régulation et le développement des nanotechnologies*, 2010, CNDP, 9 avril 2010 : p. 6

231. *Ibid.* p. 7.

232. *Ibid.* p. 9.

avaient eux-mêmes évoquées comme pistes de travail envisageables dans le dossier de présentation du débat<sup>233</sup>.

La formulation adoptée dans le texte est ambivalente (« l'instance de veille » doit-elle « valider » des choix pris par d'autres ?), mais elle ouvre la voie à une discussion sur les orientations de la politique scientifique, sur les modalités de la constitution des normes (dont on a vu qu'elles jouaient un rôle central dans la définition des substances), et donc sur les enjeux politiques des nanotechnologies. Construire une telle structure imposerait de s'interroger sur les conditions de son « indépendance » (composition, procédure de travail, etc.), et en particulier sur la possibilité de prendre en compte l'évolution des problèmes et des publics concernés (en rendant possible, par exemple, des évolutions dans la composition de cette « nouvelle autorité »).

## À la recherche du public des nanotechnologies

### *Ambivalences*

En s'imposant comme une épreuve pour les procédures de débat, les nanotechnologies rendent visible l'ambivalence de la solution participative : quels sont les « publics » convoqués ? Quels sont les objectifs attendus de ces procédures ? Les exemples des pages précédentes montrent que ces publics sont divers, y compris sur un mécanisme participatif donné, et que les objectifs sont tout aussi variés (et parfois contradictoires entre eux).

Cette situation est en partie issue d'un héritage historique, mais les nanotechnologies sont une occasion de mettre encore plus en lumière les attentes contradictoires. Il faut « informer » et « recueillir des avis » tout à la fois ; accepter le programme de l'innovation responsable et donc discuter en sachant que les conclusions affirmeront à coup sûr qu'il est nécessaire de mener des études de risques et de poser les questions éthiques ; mobiliser un « grand

233. *Ibid.* p. 10

public » indistinct, à modeler par des procédures, et faire appel à des « parties prenantes » dont les avis sont pourtant encore peu constitués. Ces ambivalences s'observent dans des expérimentations qui conduisent des musées à définir leur rôle « démocratique », mais aussi dans la réplique de procédures participatives existantes. Les nanotechnologies – et peut-être est-ce le cas d'autres objets complexes – forcent à des aménagements, elles produisent des failles et des fractures dans les dispositifs qui pourtant commençaient à être bien rodés.

On peut déplorer ces ambivalences pour réclamer une clarté plus grande (qu'on atteindrait par exemple par le biais d'une institutionnalisation plus poussée des procédures). Mais on peut aussi – et cela a l'avantage de transformer les ambivalences en ressource à la fois analytique et politique – considérer que la situation est une occasion de rendre problématique la solution participative, et donc de ne pas se satisfaire d'un fonctionnement de la démocratie « tout fait », incarné dans une procédure donnée. Par ces ambivalences en effet, c'est la solution participative elle-même qui est interrogée, et notamment la séparation qui en est le fondement, et qui distingue des procédures (forum, suivi de l'opinion du public européen, conférence de citoyen, débat public) des questions sur lesquelles elles sont appliquées. Les nanotechnologies forcent à interroger à nouveaux frais les modalités des procédures. Elles empêchent de considérer que les instruments participatifs puissent être appliqués sans dommage d'une question technique à une autre et montrent qu'ils sont au contraire à réinventer (à littéralement reproduire) dans les situations marquées par l'incertitude sur la définition du problème. On peut considérer ainsi que la solution participative est moins une réponse à un problème bien défini qu'une occasion de s'interroger sur l'organisation démocratique. Toutes les approches décrites ici construisent des « publics » (un citoyen individuel, un grand public européen, un citoyen neutre, des parties prenantes...) dont la légitimité n'est pas acquise.

### *Fabriquer des publics*

La solution participative est convoquée par les politiques scientifiques des nanotechnologies pour assurer « l'intégration » de ces publics – une intégration qui peut se traduire par la visite d'expositions scientifiques comme par l'implication dans des discussions sur la régulation du risque chimique, par la participation à un panel de citoyens comme par le déplacement à une réunion publique.

Les musées des Sciences font appel à des visiteurs intéressés par les nanotechnologies et leurs « débats ». Ils les intègrent dans les procédés de construction des expositions, et dans les expositions elles-mêmes. La mise en œuvre de la solution participative dans des procédures institutionnalisées signifie que le public doit être fabriqué pour pouvoir entrer dans le dispositif mobilisé. La mécanique est bien visible dans le cas de la conférence de citoyens, qui mobilise toute une machinerie pour que le membre du panel soit un « bon citoyen » compatible avec la procédure. Elle échoue avec le débat public CNDP à trouver le « bon public » capable de présenter ses arguments sur un sujet controversé.

Dans tous les exemples considérés ici, la solution participative est inséparable du programme d'innovation responsable des nanotechnologies, et le solidifie un peu plus, en faisant dire immanquablement aux publics participants que « les risques doivent être pris en compte », « qu'il faut se poser les questions éthiques ». On comprend bien alors la réticence des organisateurs à intégrer des publics qui refusent en bloc l'innovation responsable (c'est-à-dire les opposants les plus radicaux), comme, symétriquement, le refus de la solution participative par ces derniers.

La construction des instruments des programmes des nanotechnologies, l'existence des substances nano et la nature des questions éthiques des nanotechnologies sont des enjeux politiques. On mesure bien maintenant que la production des publics en est une autre. Les difficultés de mise en œuvre des dispositifs de fabrication de public montrent l'intérêt de les rendre discutables, autant pour l'analyse théorique que pour la pratique

politique. Elle montre aussi la nécessité de considérer d'autres façons de constituer des publics pour les nanotechnologies, et en particulier celles qui vont avec la mobilisation sociale. Ce sera l'objet du chapitre suivant.

## **5. Des publics engagés : mobilisation sociale et nanotechnologies**

La solution participative s'appuie sur des publics dont la construction requiert des investissements importants, pour un résultat qui peut être contesté. Mais la formation des publics n'a pas lieu seulement au sein des dispositifs de la solution participative. Inspirés par des approches issues des pragmatistes américains, des travaux de sciences humaines mettent en évidence la dynamique de construction des « publics » lorsque des groupes sont « concernés » par des problèmes qui ne trouvent pas de traitement satisfaisant dans les institutions existantes (par exemple des associations de patients de maladie rare)<sup>234</sup>. En suivant cette approche, on peut s'intéresser à la mobilisation de certains publics sur les enjeux des nanotechnologies, indépendamment des mécanismes de la solution participative

La question porte alors sur la façon dont on devient « concerné » par les programmes des nanotechnologies : quelles formes prend la mobilisation sur des programmes qui associent par le biais

---

234. M. Callon, P. Lascoumes et Y. Barthe, *Agir dans un monde incertain*, Seuil, Paris, 2001 ; N. Marres, "The issue deserves more credit. Pragmatist contributions to the study of public involvement in controversies", *Social Studies of Science*, 37(5) : 759-780, 2007.

d'instruments de politique scientifique, des innovations industrielles et des promesses de développement futur ? Dans un contexte où l'innovation responsable et la solution participative sont très présentes, s'agit-il pour des organisations de la société civile d'utiliser ces approches comme des opportunités pour faire entendre leurs arguments ? Ou bien faut-il considérer qu'en tant que parties intégrantes des programmes des nanotechnologies, elles sont susceptibles, elles aussi, d'être des objets de préoccupation ? L'opposition entre la participation « invitée » par des autorités publiques et la participation « réclamée » par des citoyens mobilisés est classique dans la littérature sur la démocratie participative). Dans le cas des nanotechnologies, l'opposition n'est pas aussi claire : comme on le verra, des opposants prennent la solution participation comme objet de critique, tandis que d'autres prennent part à la mise en place de dispositifs participatifs dans le cadre de leurs activités militantes.

## Mobilisation sociale pour le traitement des risques

### *Se mobiliser pour la prise en compte des substances nano*

Il existe des associations dont l'action a été déterminante dans l'évolution des problèmes posés par les nanotechnologies, parce qu'elle a cherché à mettre en évidence la spécificité des substances nano. À l'échelon européen, le Bureau européen de l'environnement (BEE), qui rassemble environ 150 ONG environnementales européennes, a explicité clairement sa position en faveur de la prise en compte des nanomatériaux dans la réglementation européenne – REACH en particulier. Le BEE intervient dans un groupe de travail de l'OCDE sur les nanomatériaux, dans lequel il défend la même position. Il publie ainsi un avis sur la définition des nanomatériaux où il propose une limite supérieure de taille de 300 nm (au lieu des 100 nm de l'ISO) et l'intégration des substances de plus grande taille ayant des « propriétés de type

nanométrique<sup>235</sup> » : des positions qui vont à l'encontre de celles des industriels, tenant d'une définition plus restrictive. On a vu que l'International Center for Technology Assessment avait permis de mettre le nanoargent au menu des discussions de l'agence fédérale de l'Environnement américaine (l'Environmental Protection Agency) en dépit des réticences des industriels. Friends of the Earth (les Amis de la Terre), et en particulier son antenne australienne, a mis en lumière les incertitudes sur la capacité des régulations existantes à traiter les risques éventuels des nanomatériaux. On l'a vu, l'association plaide pour l'intégration du nanoargent dans la régulation des substances chimiques<sup>236</sup> et l'évolution de la réglementation des produits de consommation pour prendre en compte les substances nano<sup>237</sup>.

En intervenant dans les dialogues *Safety for Success* organisés par la Direction générale de la santé et de la protection des consommateurs de la Commission européenne, en participant au groupe de travail de l'OCDE sur les nanomatériaux, en lançant des procédures à l'EPA, ces organisations emploient alors des formes d'action qui les amènent à tenter de peser dans les initiatives des administrations nationales ou européennes. Pour ces ONG, la mobilisation a un objet défini : des nanoproducts à réguler, des substances à faire inscrire comme pesticides et, plus généralement, une régulation des produits chimiques à étendre. Contre les intérêts des industriels qui cherchent selon eux à introduire des produits sur le marché sans se préoccuper des risques éventuels, ces organisations plaident pour l'existence des substances nano, afin d'en faire des objets susceptibles d'être contrôlés par des régulations adéquates.

235. European Environmental Bureau, *EEB Position Paper on Nanotechnologies and Nanomaterials. Small Scale, Big Promises, Divisive Messages*, 2008, février 2008. Voir aussi : Friends of the Earth, *Discussion Paper on Nanotechnology Standardisation and Nomenclature Issues*, 2008, août 2008.

236. *Nano and Biocidal Silver*, Friends of the Earth, juin 2009.

237. « *Nanomaterials, sunscreens and cosmetics: Small ingredients, big risks* », Friends of the Earth, mai 2006 ; « *Out of the laboratory and on to our plates: Nanotechnology in food and agriculture* », Friends of the Earth, mars 2008.

### **Une épreuve pour la mobilisation sociale**

Le succès des associations comme le BEE, l'ICTA ou Friends of the Earth n'est pas garanti : si les associations confirment le statut de « problème à résoudre » des risques des substances nano (un thème déjà présent dans l'innovation responsable), elles peuvent se voir opposer la nécessité du recours à la science pour trancher la situation d'incertitude – ce qui a pour effet, on l'a vu, de repousser toute décision. Le moratoire pourrait alors apparaître comme une voie possible, mais il ne peut fonctionner dans une situation où la définition des substances nano n'est pas stabilisée.

Par ailleurs, les mobilisations comme celles du BEE, de l'ICTA ou des Amis de la Terre exigent un investissement important. Il faut se pencher sur la littérature scientifique, mais aussi connaître les lieux où sont discutées la régulation et la normalisation des substances. Rares sont les associations qui disposent des ressources nécessaires pour effectuer ce travail. Pour beaucoup d'associations intéressées par les questions environnementales ou la protection des consommateurs, l'attitude face aux nanotechnologies consiste alors à s'intéresser aux nanomatériaux pour affirmer la nécessité de la transparence de l'information, de la prise en compte des risques, et de l'évolution de la réglementation pour assurer la protection des milieux naturels et des individus potentiellement en contact avec les nanoproduits (voir un exemple dans l'encadré ci-dessous). Devant la technicité des discussions et la difficulté d'avoir accès aux instances de normalisation où sont élaborées les définitions des substances, la plupart des associations ne peuvent guère aller plus loin. Or les exigences de « transparence » et de « prise en compte des risques » sont précisément celles de l'innovation responsable : s'ils se contentent d'affirmer ces principes généraux, les acteurs de la société civile sont amenés à renforcer un peu plus le programme global des nanotechnologies, qui peut de plus se prévaloir de « prendre en compte l'avis de la société civile » sans avoir à modifier sa formulation.

### **Une association française prend position au sujet des nanotechnologies : l'exemple de la CLCV**

L'association Consommation – Logement – Cadre de vie fédère plusieurs centaines d'associations réparties sur tout le territoire français. Elle est très présente dans les domaines du logement et de l'environnement, en s'impliquant dans des débats locaux sur des projets industriels. La CLCV prend position au sujet des nanotechnologies à l'occasion du débat public national de 2009. Contactée par la commission d'organisation du débat, la CLCV écrit un cahier d'acteurs. Un de ses représentants spécialiste des questions d'alimentation prend part à une réunion publique, au cours de laquelle il affirme l'importance des études de risques. La position de la CLCV est détaillée dans son cahier d'acteur :

Entre confiance béate dans le progrès et catastrophisme irrationnel, la CLCV considère que nous n'avons donc d'autre choix que de trouver une voie médiane. Celle-ci suppose une évaluation indépendante, contradictoire et transparente des risques et des bénéfices, une recherche publique en pointe dans ce domaine et une réglementation à la fois protectrice pour les consommateurs et harmonisée au niveau international.

Ainsi, la CLCV considère que « la fiabilité des informations » est primordiale, car « l'inquiétude naît souvent de la méconnaissance et de l'opacité ». Si la CLCV est efficace pour les interventions locales, elle a moins de prise sur les questions générales, *a fortiori* sur les sujets comme les nanotechnologies dont la circonscription même est problématique. En réclamant la « voie médiane », l'association reprend les thèmes de l'innovation responsable, au risque de se voir rétorquer par les acteurs administratifs et scientifiques que tout ce qui est réclamé par l'association est déjà intégré dans les programmes des nanotechnologies. Après avoir réclamé l'information et l'évaluation des risques et des bénéfices, il reste encore l'essentiel du travail à faire, c'est-à-dire la détermination des modalités des instruments de gestion et des conditions de production de l'information sur les substances.

Comment envisager alors des formes de mobilisation sociale qui ne mèneraient pas au seul recours à l'expertise, ou à l'affirmation des principes généraux de l'innovation responsable, et qui pourraient prendre en compte le programme global des nanotechnologies ?

Deux voies sont possibles. On peut tenter de se mettre le plus possible à distance des programmes des nanotechnologies pour éviter la création d'un « public » des nanotechnologies qui ne pourrait qu'accepter le développement de celles-ci : c'est la solution de la critique radicale. On peut choisir, au contraire, de travailler à la constitution des publics et, dans le même temps, à celle des enjeux des nanotechnologies eux-mêmes.

## Une critique radicale des nanotechnologies

### *Critiques à Grenoble*

Depuis la fin des années 1990, Grenoble est une des capitales européennes de la recherche en nanotechnologies. Les projets de développement en nanoélectronique et nanobiologie, activement soutenus par les acteurs locaux, y sont menés par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA), les universités locales et des entreprises. Les projets grenoblois font l'objet de contestations dès le début des années 2000. À l'origine de ces critiques se trouve un groupe réduit de quelques personnes, Pièces et Main d'œuvre (PMO), qui est rejoint dans ses activités par de nombreux sympathisants actifs contre les nanotechnologies comme sur d'autres fronts qui vont de la lutte contre les OGM à l'opposition à l'industrie nucléaire.

Lors de la construction du centre de recherche Minatec, des opposants occupent une grue pendant plusieurs jours et déroulent une banderole « On arrête tout ». D'autres actions détournent avec humour les projets de développement technique des collectivités locales. Par exemple, les Grenoblois reçoivent en 2005 un prospectus de présentation d'une carte d'identité électronique Libertys qui centraliserait toutes les informations

personnelles des individus, et pourrait être utilisée comme carte de transport, d'accès à des bibliothèques ou à d'autres équipements publics (voir encadré ci-dessous). Ce canular est suivi par la distribution d'un faux journal d'information locale qui annonçait, sur plusieurs pages, la dissolution de la communauté d'agglomération et l'arrêt des projets de développement des nanotechnologies.

#### **Le canular Libertys**

La brochure de présentation Libertys se révèle être un canular. Elle inclut de fausses déclarations de personnalités, dont une du président du conseil général de l'Isère, qui fait le lien entre le projet Libertys et la recherche locale en micro et nanotechnologies. Elle annonce que les « risques pour la protection de la vie privée » sont « bien évidemment » pris en compte par les institutions, dans un langage (maximisation des bénéfices et minimisation des risques tout en développant les technologies) qui reprend les thèmes de l'innovation responsable.

Cet exemple montre que c'est la critique d'un programme global de contrôle de la nature, de l'individu et de la société qui pousse à la mobilisation des groupes les plus virulents à Grenoble. Le cas de l'utilisation de la miniaturisation des puces permet aux opposants de mettre en scène à la fois les manifestations concrètes de ce programme et le soutien sans faille qu'il reçoit de la part des collectivités locales. Les sciences humaines sont tout autant critiquées que les sciences physiques. L'intervention de l'éthique est tournée en ridicule dans la présentation de Libertys : le comité d'éthique a servi avant tout à valider le dispositif, et même à le légitimer. Pourquoi s'inquiéter si l'éthique approuve ? On retrouve là une critique récurrente de PMO : quelle peut bien être l'utilité de l'éthique si elle évolue, si elle est révisée à chaque évolution technique ?

Une manifestation est organisée pour l'inauguration de Minatec en juin 2007 – environ 1 000 personnes participent à ce qui fut la première manifestation anti-nanotechnologies au monde. Depuis, la plupart des événements publics en faveur des nanotechnologies ou de leur communication pour le grand public font l'objet

d'interventions de PMO ou de leurs alliés, de la distribution de tracts à l'interruption de réunions publiques.

Les actions spectaculaires sont une composante essentielle de l'action des anti-nanotechnologies, qui peuvent ainsi démontrer publiquement leur opposition<sup>238</sup>. Elles sont complétées par de multiples réunions, discussions et débats à Grenoble, dont les thèmes pointent avant tout vers la critique du « techno-gratin » grenoblois, c'est-à-dire dans le vocabulaire de PMO, de l'ensemble des personnalités locales de l'administration, des assemblées locales élues et de la recherche scientifique, dont les multiples liens solidifient toujours les projets de développement technologique. De modèle à suivre pour le développement technologique, le « modèle grenoblois » devient pour les opposants le symbole d'une prise de pouvoir contestable sur les décisions locales. L'opposition aux nanotechnologies, qui s'affiche sur les murs de la ville, prend position contre le « nanomonde », celui des « maxiservitudes » inséparables d'un programme de contrôle de la nature et de l'humain<sup>239</sup>.

### **Construire le citoyen critique**

Pour une part, l'opposition entre les collectivités locales et les anti-nanotechnologies se situe au niveau du cadrage du problème des nanotechnologies. Les premières considèrent que s'il y a un problème public des nanotechnologies, il a trait aux risques sanitaires à contrôler (et pouvant l'être, grâce à une expertise adéquate). Pour les seconds, c'est un programme de développement industriel et scientifique inséparable d'un certain modèle de société fondé sur la primauté de la technologie, qui pose problème. Le cas des

238. Andrew Barry utilise un autre exemple pour mettre en évidence l'importance de la *démonstration* par des actions spectaculaires (A. Barry, "Demonstrations: sites and sights of direct actions", *Economy and Society*, 28(1) : 75-94, 1999).

239. PMO a repris ses enquêtes sur les nanotechnologies dans deux ouvrages : Pièces et Main d'Œuvre, *Aujourd'hui le Nanomonde. Nanotechnologies et Projet de société totalitaire*, 2008, L'Echappée, Paris ; Pièces et main d'œuvre, *Nanotechnologies. Maxiservitudes*, L'Esprit Frappeur, Paris, 2006.

OGM montre bien que la transformation des questions publiques en problèmes de risques n'a pas permis de rendre compte des attentes et des critiques de nombreuses associations qui refusaient le programme d'organisation du milieu agroalimentaire sous-tendu par le développement des biotechnologies<sup>240</sup>. C'est une situation similaire qu'on voit ici : les anti-nanotechnologies ne sont pas opposés aux risques des nanotechnologies, mais à un programme politique de contrôle de la nature et des populations. C'est pourquoi ils effectuent ce que leurs adversaires grenoblois considèrent comme un amalgame coupable, en regroupant au sein d'un programme global à critiquer (celui des nanotechnologies), les technologies de surveillance, les projets de développement en nano-biotechnologies, et les dispositifs de soutien à l'industrie locale.

La contestation des nanotechnologies va avec une critique du fonctionnement de la démocratie : les oppositions qui se manifestent à Grenoble, puis ailleurs en France, mettent en évidence des divergences dans la façon de concevoir le rôle du citoyen sur les questions scientifiques et techniques<sup>241</sup>. Pour les collectivités locales grenobloises, les décisions publiques doivent être fondées sur la décision rationnelle – que la rationalité soit scientifique, économique ou, globalement, stratégique (comme dans la décision de soutenir un pôle de recherche qui à la fois fera avancer la science et développera l'emploi). Si elle est motivée par un choix politique, la décision sur les nanotechnologies prend alors le caractère de la nécessité : face à la machine implacable des

240. C. Heller, "From scientific risk to paysan savoir-faire: peasant expertise in the french and global debate over GM Crops", *Science as Culture*, 11(1) : 5-37, 2002.

241. On pourra se reporter pour davantage de détails à B. Laurent, "Diverging convergences", *Innovation. The European Journal of Social Science Research*, 20(4) : 343-357, 2007. Les éléments empiriques relatifs à PMO et à leurs alliés sont issus des publications en ligne de ces groupes, de trois entretiens à Grenoble en 2007, ainsi que de la participation à plusieurs réunions pendant la période du débat public.

rationalités mobilisées, il n'y a pas d'autre choix que de soutenir le développement des projets nanotechnologies. Et ceux qui ne le font pas sont au mieux « mal informés », au pire des « obscurantistes » qui refusent la technologie par principe. Au fur et à mesure des critiques des opposants, le soutien aux projets de développement scientifique adopte une tonalité beaucoup plus proche de celle de l'innovation responsable, ce que d'ailleurs PMO remarque avec humour. Les acteurs locaux se mettent à parler des débordements possibles, « comme dans toute technologie », et constatent qu'il importe en conséquence « de faire les études de risques nécessaires ». Le risque (comme d'ailleurs les problèmes éthiques éventuels) devient une catégorie de rationalisation mobilisable en plus de toutes les autres : en mobilisant l'expertise adéquate, on pourra à la fois maximiser les bénéfices et limiter les risques.

Pour les collectivités locales, PMO est non seulement « obscurantiste », mais aussi « antidémocratique ». Pourtant, les anti-nanotechnologies sont moins opposés à la démocratie que porteurs d'un modèle d'action pour le citoyen opposé au modèle de la rationalité et fondé sur la réalisation « d'enquêtes critiques ». Les enquêtes critiques consistent à décrire avec précision un thème particulier de la vie publique locale, montrer les connexions entre acteurs scientifiques et administratifs par exemple, retracer les ressorts de la décision publique, et les raccrocher aux intérêts qui dans ce modèle sont censés motiver les prises de position<sup>242</sup>. On comprend mieux l'attachement des opposants à l'anonymat, qui leur est souvent reproché<sup>243</sup>. Être anonyme consiste à se comporter en « simple citoyen » qui, parce qu'il ne défend aucun intérêt, surtout pas celui d'un groupe constitué comme pourrait l'être une association, ni même le sien propre (il n'a même pas de nom !), peut se placer sur une position de distance infranchissable et mener une enquête critique neutre et impartiale.

242. Pièces et main d'œuvre, *Pour l'Enquête critique*.

243. Le reproche est d'ailleurs un peu hypocrite, car dans le petit milieu grenoblois, l'identité des quelques acteurs de PMO est bien connue.

Le modèle d'action politique proposé par PMO consiste précisément à transformer chacun en un simple citoyen, potentiel enquêteur critique. Ainsi, la critique du caractère « antidémocratique » des actions de PMO repose sur un malentendu : c'est bien un fonctionnement de la démocratie que propose PMO, fondée sur l'enquête critique menée par chacun. Cette perspective a peu à voir avec le modèle du citoyen qui peut acquiescer devant les décisions prises une fois avoir pris conscience de leur rationalité implacable. Mais elle s'adresse comme lui à tous les citoyens, à qui elle propose des façons de se comporter dans la vie publique.

Ce sont donc des modèles de démocratie qui s'affrontent. À ce titre, les opposants et les collectivités locales grenobloises sont étonnamment proches dans leur défense de la position « neutre et objective ». Le simple citoyen comme la raison économique et stratégique s'affirment non guidés par des intérêts particuliers. Chacun d'eux mobilise des instruments différents qui sont l'anonymat et la capacité à mener des enquêtes critiques pour l'un, le calcul économique et les plans de développement local pour l'autre, pour un même objectif : celui d'assurer l'objectivité de la position.

### ***Se mobiliser contre les nanotechnologies sans le mouvement social***

En se fondant sur des réseaux informels de distribution et de partage d'information, l'action militante des anti-nanotechnologies se poursuit en dehors de Grenoble en suivant le modèle de l'enquête critique. « Nous n'avons pas peur, nous sommes en colère » devient le mot d'ordre d'une série d'actions dirigées contre les programmes d'utilisation de la technologie dans la société.

L'organisation du débat public sur les nanotechnologies en 2009 est l'occasion pour PMO de remobiliser des groupes locaux dans plusieurs villes, et de fédérer un ensemble de revendications contre « l'homme-machine dans un monde-machine ». Plusieurs réunions publiques sont annulées à la suite des interventions des opposants, comme on l'a vu, tandis que le suivi critique des nanotechnologies

est encore plus intense lors du débat public. Il conduit les militants à multiplier les analyses : chacun des débats fait l'objet d'une note publiée sur un site Internet dédié, des émissions de radios consacrées au débat et aux nanotechnologies sont décryptées afin de dénoncer ce qui est vu comme de la partialité, les actions des organisateurs du débat – et notamment leurs relations avec des prestataires de service – sont scrutées à la loupe<sup>244</sup>.

Ce qui fait tenir ici la mobilisation, c'est la forme d'action fondée sur « l'enquête critique ». Pour PMO, le « mouvement social » – qui correspondrait à une identité de groupe à communiquer, des intérêts à faire valoir, un certain point de vue à défendre, afin, par exemple, de permettre l'évolution d'une législation ou bien d'une réglementation – ne peut que conduire à l'intégration dans les programmes des nanotechnologies : la participation à la « gestion du développement technologique » ne permet pas d'effectuer sa critique. Dans cette optique, et de façon semblable à l'éthique critique décrite au chapitre 3, le maintien de la distance avec l'objet d'analyse est une condition nécessaire pour permettre l'enquête critique<sup>245</sup> : il ne faut pas répondre aux sollicitations – qui sont nombreuses ! – des acteurs de la solution participative, afin de considérer celle-ci comme un objet à critiquer. Dans le même temps, les événements publics sont aussi des occasions de rendre la critique visible par le biais d'actions spectaculaires, de diffuser les enquêtes critiques, et de tenter de faire des participants de futurs opposants. Néanmoins, l'extension de la solution participative et le caractère globalisant des programmes des nanotechnologies font que le risque d'intégration des opposants au programme est grand.

Ainsi, la procédure CNDP est caractérisée par sa volonté d'intégrer le maximum d'arguments et de points de vue. Pour PMO,

244. Le site [www.nanomonde.org](http://www.nanomonde.org), celui du « vrai débat sur les nanotechnologies » rassemble un grand nombre de ces contributions.

245. On peut faire un parallèle avec la sociologie critique, qui traite la nécessité du maintien de la distance critique non pas par l'anonymat, mais par le recours à la réflexivité.

il n'est pas question de rédiger un cahier d'acteurs au côté des autres parties prenantes de la discussion, ni de poser poliment des questions aux invités sur la gestion des risques des nanoparticules ou sur les problèmes éthiques des nanotechnologies. Mais si le contenu du message des opposants est clair (le débat n'est qu'un exercice de communication, partie intégrante de la politique nanotechnologies), la forme de l'expression n'est pas donnée. Une possibilité consiste à prendre la parole au cours de la discussion pour souligner les décisions déjà prises (par exemple, le financement du plan national de soutien aux nanotechnologies, NanoInnov, est décidé en mai 2009 alors que le débat débute en septembre) et la volonté, contre la « gestion des nuisances », de critiquer le programme que sont les nanotechnologies. Ce mode d'intervention est choisi à plusieurs reprises, mais il a pour conséquence l'intégration de l'argument par les organisateurs, qui peuvent alors facilement figurer les critiques émises dans le rapport du débat, et les décrire comme étant le fait d'une minorité d'intervenants. L'intervention risque fort de se retourner contre les opposants : ils n'ont aucun intérêt à servir de caution extrémiste à l'exercice. D'autres modalités d'intervention sont alors inventées pour répondre à ce souci de ne pas être récupéré comme, par exemple, intervenir sans micro (le propos n'est, au final, pas enregistré dans la bande qui sert au compte rendu), ou utiliser la banderole et le slogan. Mais, là encore, l'avis exprimé peut être intégré dans le flot de la participation : « Vous participez... sous une autre forme... mais vous participez » leur rétorque une organisatrice lors d'une réunion. Devant le slogan clamé dans une salle : « OGM, nano ou nucléaire, qu'est-ce qu'on ne ferait pas pour un salaire », les organisateurs peuvent répondre : « Ça tombe bien que vous parliez de salaire, parce que justement nous ne sommes pas payés<sup>246</sup> » (les membres des CPDP sont en effet indemnisés à hauteur de 80 % du SMIC). Et voilà les opposants intégrés dans une discussion sur les

246. L'échange a lieu lors de la réunion publique de Rennes, le 7 janvier 2010.

modalités de la solution participative – et donc dans le programme global des nanotechnologies lui-même. Reste la possibilité de l'intervention parodique – « pourquoi n'y a-t-il pas plus d'ecclésiastiques dans la salle ? » (en référence ironique à la tentative, considérée comme absurde, d'inclusion de toutes les parties prenantes possibles) demande un intervenant lors d'une réunion à Marseille – ou encore celle de l'usage permanent du sifflet pour empêcher la tenue de la réunion, au risque de s'aliéner le reste du public qui n'a plus guère de chance alors de comprendre les positions des opposants. On le voit sur cet exemple : maintenir la distance nécessaire à l'exercice de l'enquête critique est un problème pratique dont la solution n'est pas donnée.

### *Les difficultés du « refus » des nanotechnologies*

La distance à maintenir doit permettre d'effectuer la critique et de refuser les nanotechnologies grâce à la révélation des intérêts censés motiver les décisions des acteurs (intérêts économiques au développement industriel, intérêts électoraux des politiciens, intérêts des décideurs pour le contrôle des populations, intérêts des chercheurs en sciences sociales financés pour être enrôlés dans les programmes des nanotechnologies, etc.). Le présupposé est fort : il suppose que des intérêts suffisamment fixes pour servir de motifs à l'action puissent être identifiés.

Or tenir la position du refus des nanotechnologies n'est pas aisé. Comment définir en effet ce qui est rejeté ? Quand les critiques portent sur les relations entre acteurs locaux impliqués dans le financement de la recherche, ou sur l'organisation d'un débat public, elles disposent alors d'un ancrage empirique permettant la mise à distance (elles peuvent mettre en évidence les ressorts du financement de la recherche par les collectivités locales, ou les procédés d'organisation du débat). Elles peuvent refuser la direction prise par les collectivités locales au nom de la rationalité économique et des choix stratégiques de développement, ou l'opportunité du dispositif participatif au nom de « l'acceptabilité » qu'il suppose. En s'intéressant ensuite au programme global

des nanotechnologies compris comme celui de « l'homme-machine dans un monde-machine », l'enquête critique doit se pencher sur les instruments des politiques scientifiques et industrielles. À défaut d'effectuer ce travail, les opposants sont voués, dans la situation de flou sur le programme des nanotechnologies, à rencontrer des difficultés pour déterminer ce qui fait partie des nanotechnologies (et devraient donc, selon eux, être rejeté), et ce qui fait partie des technologies acceptables, au risque de se voir conduits à rejeter toute technologie.

### **Intervenir dans la constitution des nanotechnologies**

#### *Au-delà de la solution participative : le cas de Vivagora*

Face à l'épreuve des nanotechnologies, la forme de l'enquête critique n'épuise pas les formes possibles de mobilisation sociale, en particulier lorsqu'elle s'intéresse à la constitution, avec les acteurs des nanos, des problèmes et des publics.

Vivagora est une association créée en 2003 par des journalistes scientifiques. Elle vise à promouvoir la mise en discussion des choix techniques. L'association rassemble une cinquantaine de membres et s'intéresse à divers sujets techniques, notamment, depuis sa création, aux nanotechnologies. Son objectif d'ouverture des choix techniques a conduit l'association à développer une méthodologie de débat, fondée sur l'organisation de cycles de réunions publiques lors desquelles interviennent des invités questionnés par les participants. Des informations sont fournies aux participants sous la forme de « fiches de problématique » en début de réunion. Un « grand témoin » suit chacune des réunions et commente les séances à la fin des débats. L'objectif est de « questionner les finalités », de voir à l'œuvre les oppositions et les intérêts divergents, pour finalement produire des recommandations adressées aux acteurs du domaine concerné, et discutées lors de la séance finale du cycle. Deux cycles de débats consacrés aux

nanotechnologies ont été organisés, Nanomonde à Paris en 2006 et NanoViv à Grenoble en 2007.

L'association semble donc adopter la « solution participative », en posant comme une nécessité démocratique la participation du plus grand nombre à des discussions publiques sur les grands thèmes scientifiques et techniques en s'attachant à se présenter comme « ni technophile, ni technophobe ». Pourtant, son évolution depuis les premiers débats montre que Vivagora décale la distinction entre la procédure et les questions traitées. L'association s'engage dans différents projets qui mettent en discussion les nanotechnologies, en particulier le Nanoforum, qu'on a rencontré dans les chapitres précédents : il s'agit, on s'en souvient, d'une série de réunions publiques organisées de 2007 à 2009 sur des enjeux relatifs à certains secteurs industriels concernés par les nanotechnologies, puis sur les modalités de gestion du nanoargent. L'implication de Vivagora dans ce dispositif prend la forme d'une participation au comité de pilotage, à la définition des problèmes à traiter et à la mise en relation d'acteurs concernés par les réunions (par exemple, des associations de protection de l'environnement lors d'une séance sur les déchets).

Avec le Nanoforum, Vivagora évolue ainsi de la position du médiateur impartial, que l'association avait peut-être pensé tenir en organisant des débats publics comme Nanomonde ou NanoViv ou en se pensant comme héritière du journalisme scientifique révélateur pour le grand public des mécanismes de la recherche, à une position plus complexe, engagée avec les acteurs, qui participe à la construction des enjeux des discussions publiques au sujet des nanotechnologies. Au cours de sa trajectoire avec les nanotechnologies, il apparaît clairement à l'association que son objet est moins d'organiser des débats publics sur des sujets scientifiques que de construire des façons de traiter l'innovation technologique, les problèmes afférents et les publics qui pourront s'impliquer à leur sujet<sup>247</sup>.

247. Pour des détails sur Vivagora voir B. Laurent, "Engaging the public in

Le cas de Vivagora suggère un décalage dans les façons d'envisager la mobilisation sociale. Il ne s'agirait plus de défendre un intérêt bien défini (comme l'ICTA avec l'existence du nanoargent), ni de réaliser des enquêtes critiques visant à repérer des intérêts constitués en se maintenant à distance des nanotechnologies, mais de tenter de mettre en place des dispositifs prenant au sérieux la situation d'incertitude sur l'existence des substances nano, des publics concernés, et des questions à traiter. On peut ainsi repérer des formes de mobilisation qui suivent cette approche, notamment la veille citoyenne et la construction collective des instruments de la politique scientifique. À leur manière, ces instruments ouvrent des pistes pour considérer que la constitution des substances, des problèmes et des publics est l'objet de la mobilisation sociale sur les nanotechnologies.

### ***Le modèle de la veille citoyenne : produire une information engagée***

Le principe de la « veille citoyenne » consiste pour des organisations de la société civile à suivre les informations sur un sujet donné, qui peuvent ensuite servir aux parties concernées dans leurs actions militantes. La mobilisation sur les biotechnologies fournit un exemple significatif, celui d'Inf'OGM, qui à bien des égards sert de référence pour les tentatives de constitution de veilles citoyennes consacrées aux nanotechnologies. Créée en 1999, Inf'OGM est une association jouant le rôle de « veille citoyenne » spécialisée dans les sujets liés aux OGM. Elle est organisée de telle sorte qu'une équipe permanente de quelques salariés effectue un travail journalistique alimentant une plateforme Internet. Celle-ci propose un suivi des travaux scientifiques et des évolutions juridiques sur les biotechnologies et les organismes génétiquement modifiés. Un comité de financement rassemble plusieurs associations, qui peuvent exprimer leurs attentes en fonction du type d'informations dont elles ont besoin. Toute l'idée

nanotechnology? Three models of public engagement", CSI Working Paper n° 8, 2008.

d'Inf'OGM est contenue ici : le principe de la veille citoyenne consiste à assurer à un collectif associatif la possibilité d'obtenir les informations sur un sujet technique complexe à mesure qu'elles sont produites. On voit l'intérêt pour les OGM, à propos desquels l'information est dispersée, mais nécessaire pour assurer l'efficacité de la mobilisation sociale (qu'elle prenne la forme d'un recours en justice ou d'une intervention lors d'un colloque public).

Le statut de l'information fournie n'est pas évident. Pour une part, c'est bien « d'objectivité » qu'il s'agit – et les employés d'Inf'OGM sont attentifs à le rappeler. Pierre-Benoît Joly et Claire Marris rapportent une anecdote qui éclaire sur ce qui est attendu de l'information fournie par Inf'OGM<sup>248</sup>. En juin 1999, la destruction d'un essai de plants transgéniques conduit des chercheurs à publier une « lettre ouverte aux citoyens », dans laquelle ils insistent sur la nécessité de disposer des résultats des expérimentations scientifiques. Les chercheurs critiquent donc la destruction des plants. La réponse d'un représentant d'un collectif associatif – engagé ensuite dans Inf'OGM – soulève des questions sur la nature des informations nécessaires : « Qui a besoin des résultats de ce type de recherche ? Les citoyens, qui n'ont rien demandé ? Ou les firmes privées, qui ont des intérêts financiers considérables dans cette affaire ? »

Ce n'est donc pas n'importe quelle information que produit la veille citoyenne : elle doit certes être « objective », ce qui veut dire indépendante des intérêts des industriels, mais pas pour autant détachée de toute considération d'utilité. C'est en fonction des attentes des associations membres (qui peuvent d'ailleurs être différentes entre elles) qu'est définie l'information à fournir. Inf'OGM apparaît ainsi comme un espace de « réflexion collective », selon les termes d'un de ses représentants, qui est « au service des acteurs de terrain ». Inf'OGM peut donc parler de « neutralité engagée » pour définir sa position (voir un exemple dans l'encadré suivant).

248. P.-B. Joly et C. Marris, « La participation contre la mobilisation. Une analyse comparée du débat sur les OGM en France et aux États-Unis », *Revue internationale de Politique Comparée*, 2(10) : 195-206, 2003.

### **La neutralité engagée sur un exemple : l'autorisation d'une pomme de terre transgénique**

En janvier 2010, la Commission européenne autorise la commercialisation d'une pomme de terre génétiquement modifiée afin d'être enrichie en amidon. L'information est largement reprise dans les médias. Elle donne lieu à un communiqué d'Inf'OGM, qui illustre la « neutralité engagée » de la veille citoyenne<sup>249</sup>. L'article posté sur le site commence par une mise en perspective historique de la production de la pomme de terre transgénique concernée. Il explique ensuite ses conditions de production (un champ seulement existe en Suède), ainsi que la démarche d'autorisation juridique suivie par le producteur pour obtenir l'autorisation. Puis les informations relatives aux risques sont données, ainsi que les conditions de leur élaboration. Ce cas est mis en relation avec d'autres éléments qui peuvent permettre de critiquer la décision de la Commission : une autre pomme de terre non OGM mais présentant les mêmes propriétés a été obtenue en Allemagne par des méthodes de croisement. Enfin, une action militante est décrite : « Le 1<sup>er</sup> mars 2010, à Berlin, 500 militants de Greenpeace ont formé une immense table dessinant, vue du ciel, un « Nein » (non) devant la Porte de Brandebourg. »

Le modèle de la neutralité engagée n'est pas le seul possible pour les veilles citoyennes, qui peuvent s'engager dans la production de données afin de réaliser des contre-expertises. C'est le modèle de la Criirad (Commission de recherche et d'information indépendante sur les radiations) par exemple, une association qui publie régulièrement des enquêtes fondées sur des mesures de radioactivité à proximité des sites nucléaires. Elle a été à l'origine de la controverse sur les impacts de la catastrophe de Tchernobyl sur le territoire français, et son rôle a été déterminant dans la mise en place du groupe d'expertise pluraliste à La Hague, constitué afin d'évaluer les cas de leucémies à proximité de l'usine de

249. Inf'OGM, « UE-OGM : La pomme de terre Amflora autorisée à la culture », 2010, 5 mars 2010 : [www.infogm.org/spip.php?article4372](http://www.infogm.org/spip.php?article4372)

retraitement de combustibles radioactifs de la Cogema<sup>250</sup>. Le Crie-gen (Comité de recherche indépendant sur le génie génétique) est constituée sur le même modèle. Il mène des actions en justice et fonde ses travaux sur la participation active de scientifiques, qui publient pour le bénéfice de l'association des travaux d'expertise qu'ils réalisent.

Qu'en est-il pour les nanotechnologies ? Les possibilités de mener les contre-expertises sur le modèle de la Criirad ou de la Crie-gen sont réduites. Si le problème des nanotechnologies est limité au risque sanitaire, il demande une instrumentation telle qu'elle est hors de portée des acteurs associatifs – ne serait-ce que parce que la simple détection de nanoparticules est en soi un problème technique coûteux à explorer. Quand bien même l'instrumentation serait disponible, il apparaît difficile de savoir *quoi* mesurer, dans cette situation où la caractérisation des substances est encore flottante. Mais c'est précisément parce qu'il existe un problème de caractérisation qu'une veille citoyenne sur le modèle d'Inf'OM peut avoir un rôle central dans les nanotechnologies. Puisqu'on ne peut pas facilement réclamer la transparence et la circulation des informations quand l'existence des substances nano n'est pas fixée, alors il est nécessaire de s'interroger sur les mécanismes de constitution des substances elles-mêmes, et des informations à leur propos. Mettre à disposition des informations sur les façons de caractériser les substances (« comment une directive européenne définit-elle les nanomatériaux dont elle traite ? ») et sur les conséquences de celles-ci (« une limite de 100 nm exclut les agrégats ») est un moyen de le faire, de même que l'explicitation des façons de calculer les bénéfices et les risques d'un produit, ou les modalités d'une proposition d'étiquetage. De même, mettre en évidence par la veille citoyenne la nature des projets de recherche (« ces machines moléculaires utilisent des dispositifs biologiques pour des effets mécaniques ») transforme des travaux scientifiques

250. Y. Miserey et P. Pellegrini, *Le Groupe radioécologie Nord-Cotentin. L'expertise pluraliste en pratique*, La Documentation française, Paris, 2007.

en questions discutables dans des arènes autres que le laboratoire. Des débats sur les applications attendues, sur leur utilité sociale comme sur la possibilité de leur utilisation (par exemple par des pays à faible revenu) peuvent ensuite avoir lieu. Plus généralement, c'est la constitution même de la politique scientifique des nanotechnologies – des instruments qui attribuent les financements et des problèmes publics qu'elle prétend traiter – qui peut faire l'objet de la diffusion d'informations et donc de la mobilisation des partenaires de la veille citoyenne. On retrouve, de même que dans le modèle d'Inf'OGM, le principe de la neutralité engagée : en rendant problématique ce qui pourrait apparaître comme des décisions apolitiques (définir une substance chimique, construire un projet de recherche ou mettre en place une feuille de route pour le financement de la recherche), la veille citoyenne peut transformer en objet de mobilisation sociale la constitution des informations, des substances et des instruments administratifs. En mettant en avant les enjeux politiques de la définition des substances et des problèmes, une veille citoyenne sur les nanotechnologies peut fournir des armes aux associations intéressées par les nanotechnologies.

Les nanotechnologies ont donné lieu à la constitution d'une Alliance citoyenne sur les enjeux des nanotechnologies (ACEN), dont le travail vise précisément à produire des informations pertinentes en suivant les politiques scientifiques, les travaux de recherche, et les évolutions juridiques. L'ACEN s'adresse à des acteurs déjà impliqués dans le domaine des nanotechnologies, ou bien travaillant dans des domaines connexes et cherchant à s'y impliquer : des associations de protection de consommateurs par exemple, des associations de protection de l'environnement, ou des groupes intéressés par l'ouverture à la société civile des choix techniques. Ces acteurs associatifs peuvent alors partager les informations dont ils disposent, suggérer des thèmes d'investigation, et utiliser les informations fournies par la veille pour prendre position dans des arènes publiques. Contrairement à certaines versions de la solution participative (celles des musées des sciences

européens par exemple), il ne s'agit donc pas en priorité de s'adresser à un hypothétique « grand public », mais de participer à la structuration de la société civile. En faisant se rencontrer les acteurs associatifs, en mettant en place des dispositifs de production commune et de partage d'informations « neutres et engagées » sur les modalités de la prise en charge publique des nanotechnologies, l'*Alliance* s'implique dans la constitution de « publics » intéressés par les nanotechnologies en même temps qu'elle contribue à les transformer en problème public. C'est là un point capital de la veille citoyenne : la construction de l'information pertinente n'est pas séparable de la construction de groupes sociaux. La démarche citoyenne propose donc une mobilisation sociale dynamique, qui fait évoluer dans le même temps l'information récoltée et l'identité des groupes sociaux mobilisés à son sujet<sup>251</sup>. Cette conception dynamique du social s'oppose à l'unicité du citoyen enquêteur critique. Elle a d'autres contre-modèles, notamment des initiatives qui cherchent à mettre à disposition du grand public des informations sur les produits de consommation courante. C'est ce que cherche à faire par exemple le projet *Nano and Me*, dont l'objectif explicite est d'être une plate-forme indépendante pour la circulation d'informations à destination du grand public.

Soutenu par un rassemblement d'acteurs administratifs, industriels et associatifs britanniques, *Nano and Me* s'adresse au consommateur et veut lui fournir une « information non-partisane », et « rationnelle ». Or, en appeler à l'information rationnelle laisse supposer que les « faits » des nanotechnologies (où sont les nanomatériaux ? quels sont les risques des substances ?) sont disponibles, alors que leur constitution est, précisément, le cœur du problème politique des nanotechnologies. *Nano and Me* peut certes fournir des listes de produits susceptibles de contenir des nanomatériaux.

251. Les mobilisations sur Internet dans le domaine de la santé fournissent des exemples de dynamiques similaires (C. Méadel et M. Akrich, 2007, "De l'interaction à l'engagement : les collectifs électroniques, nouveaux militants dans le champ de la santé", *Hermès*, 47 : 145-154).

Mais son insistance sur « l'information impartiale » en fait un outil peu pertinent pour permettre à des associations d'intervenir dans les discussions sur les instruments de constitution des substances chimiques. En se fondant sur l'hypothèse que le grand public est intéressé par les nanotechnologies, la cible de *Nano and Me* est un consommateur isolé, dont le choix devra être éclairé par l'information fournie. Au contraire de la veille citoyenne, cette initiative prend pour acquis la possibilité de disposer d'une information neutre, et ne cherche pas à constituer un social autre qu'un ensemble de consommateurs individuels.

### ***Mettre en discussion les instruments de l'innovation technologique***

La veille citoyenne n'entre pas dans la constitution des instruments de la politique scientifique, mais on peut envisager des dispositifs permettant de donner des prises à la mobilisation sociale sur la politique scientifique elle-même.

Les normes et les standards sont une composante importante des discussions relatives aux nanotechnologies. Définir une substance chimique ou un procédé industriel passe par des classifications, des instruments de mesure standardisés, des façons de produire des informations normées. On a vu que la position de nombreuses ONG consiste à défendre l'existence d'une substance (le nano-argent par exemple) ou la prise en compte d'une certaine définition des nanomatériaux (limite de taille à 300 nm par exemple) dans la régulation. Mais on peut considérer que l'affaire de la normalisation n'est plus de tracer une frontière entre « nano » et « non-nano » afin de résoudre le problème de l'existence, mais que c'est précisément la gestion de l'état d'incertitude sur l'existence des substances qui requiert un outil standardisé. En effet, la situation d'incertitude est un problème pratique pour les industriels concernés, d'une part dans leurs relations avec les fournisseurs et les clients (que faire si mon fournisseur me dit qu'un produit est nano ? Qu'en faire dans mes produits ? Quelles sont les attentes des associations de consommateur si je veux donner des

informations ?), d'autre part dans leur gestion stratégique interne (faut-il décider de développer cette substance nano, que je ne sais pas caractériser et dont j'ignore les effets potentiels ? Quelles sont les informations sur les caractéristiques physico-chimiques de mon produit ?). La réflexion sur la standardisation des méthodes pour prendre en compte ces questions peut être une façon d'amener les producteurs à se pencher sur d'autres thèmes importants, par exemple les rejets futurs de substances nano une fois leur produit dégradé, ou la nécessité de développer un produit dont la probabilité de risques est élevée.

On peut envisager ainsi qu'une liste de questions relatives à chacune des étapes de la vie d'un produit (conception, production, transformation, usage, élimination) amène un industriel à s'interroger sur ses activités<sup>252</sup>, l'idée étant de pousser l'utilisateur d'une telle liste à relever des éléments auxquels il aurait pu ne pas penser, de lui proposer des façons de gérer l'incertitude (comme le confinement des substances dans des matrices solides, l'information des clients sur telle ou telle caractéristique ou propriété du produit, la substitution par une autre substance mieux connue), et enfin de l'inciter à faire circuler les informations sur ses pratiques<sup>253</sup>. Une telle démarche pourrait produire à la fois un outil d'aide à la décision en interne, et un outil de circulation de l'information entre producteurs, distributeurs et consommateurs.

Il est évident qu'une telle approche suppose de considérer que le processus d'écriture de la norme a une importante signification politique : inscrire dans la norme des critères et des questions, c'est définir les attentes des participants. Dans une situation comme celle des nanotechnologies où des publics et des problèmes sont

252. D'autres normes fondées sur le questionnement adressé aux industriels existent. L'exemple le plus connu est sans doute celui de la norme ISO28000 « Responsabilité sociale des entreprises », qui conduit les industriels à s'interroger sur les détails de leurs pratiques en matière de respect de l'environnement et de dialogue avec les parties prenantes.

253. Une expérience lancée par l'Afnor en 2009 est à l'origine de ces réflexions.

en constitution, il importe que le processus soit dynamique, c'est-à-dire, qu'il permette l'intégration des connaissances scientifiques à mesure de leur évolution, et de nouvelles questions de la part des acteurs associatifs. Pour permettre cela, la démarche doit donc éviter de solidifier trop vite les critères à suivre, sans se contenter de reproduire les grands principes de l'innovation responsable. L'écriture pluraliste de normes destinées à être utilisées par les industriels pour gérer l'incertitude des substances nano a été entreprise. Certaines tentatives, les plus proches de la perspective esquissée ici, en sont encore à un stade expérimental. D'autres sont disponibles, et tentent, avec d'importantes limites, de traiter les problèmes spécifiques des substances nano : c'est le cas du *NanoRisk Framework* et du *Responsible NanoCode*.

Le *NanoRisk Framework* est un outil mis en place par le chimiste américain Dupont et l'association américaine Environmental Defense, qui propose un procédé à suivre pour des industriels cherchant à identifier les risques des substances nano qu'ils produisent<sup>254</sup>. L'utilisateur du Framework est invité à décrire le matériau et ses applications, ses propriétés toxicologiques, et les expositions qu'il induit au cours de son cycle de vie. Il est ensuite amené à évaluer les probabilités de risques, et, en conséquence, à décider quelles sont les mesures à prendre (confinement, substitution de composantes, etc.) et si oui ou non le produit doit être développé. La grille proposée est très détaillée, et conduit l'industriel à s'interroger sur de multiples paramètres techniques (ex : surface spécifique, distribution de taille, etc.) et relatifs à l'utilisation du produit. Le *NanoRisk Framework* suppose donc que le processus standard de traitement des risques (évaluation, puis gestion) est applicable dans le cas des substances nano : cela l'empêche de prendre en compte les situations (nombreuses, comme on a vu au chapitre 2) où le recueil des informations est impossible, du fait de l'absence de l'infrastructure de normalisation.

254. Le document est disponible en ligne : [www.edf.org/documents/6496\\_Nano%20Risk%20Framework.pdf](http://www.edf.org/documents/6496_Nano%20Risk%20Framework.pdf)

Le symétrique inversé du *NanoRisk Framework* est sans doute le *Responsible NanoCode* britannique, initié en 2006 par la Royal Society et des associations d'industriels des nanotechnologies<sup>255</sup>. Contrairement au *NanoRisk Framework*, le *Responsible NanoCode* est le résultat des rencontres d'un grand nombre d'acteurs industriels, administratifs et associatifs. Au lieu de chercher à être exhaustif sur les informations à recueillir et de proposer des listes très détaillées de paramètres physico-chimiques à évaluer, le *Responsible NanoCode* se contente d'annoncer des grands principes à suivre pour les industriels impliqués dans les nanotechnologies, parmi lesquels la « responsabilité », la « transparence », le « dialogue avec les parties prenantes », et la limitation des risques pour les travailleurs, les consommateurs et l'environnement. La démarche se situe donc dans la droite ligne des principes de l'innovation responsable, sans chercher à s'interroger sur les incertitudes relatives à l'existence des substances nano, des problèmes et des publics.

L'industrie n'est évidemment pas le seul lieu où se produit l'innovation technologique. On a vu que les instruments de la politique scientifique jouent un rôle central dans la mise en forme des programmes des nanotechnologies. L'ouverture à des acteurs associatifs des procédés d'écriture des feuilles de route serait ainsi une façon de donner des prises pour discuter de l'utilité des recherches et de la construction des futurs. Toute reste encore à faire sur ces instruments, dont on ne peut que suggérer la possibilité. Néanmoins, la piste ouverte par la Commission Nationale du Débat Public à la suite du débat national sur les nanotechnologies de 2009 suggère la mise en place d'une « nouvelle entité », dont le rôle serait de mettre en discussion collective les orientations de recherche et les procédés de normalisation<sup>256</sup>. Une telle structure serait une façon d'ajouter un chaînon dans les institutions administratives, en rendant discutabile la constitution des programmes

255. Voir *Responsible NanoCode, Information on the Responsible NanoCode Initiative*, www.responsiblenanocode.org, 2008.

256. Cf. chap. 4.

des nanotechnologies. Une initiative similaire est suggérée par un groupe de réflexion européen qui propose d'ouvrir à la discussion avec les associations intéressées (par exemple les associations de malades) la construction des feuilles de routes européennes consacrées à la nanomédecine<sup>257</sup>.

Tous ces dispositifs (veille citoyenne, écriture collective de normes, élaboration pluraliste de la politique scientifique) ont en commun de s'intéresser à un public constitué en fonction d'enjeux et de questions qui l'intéressent. Cette constitution ne se fait pas à partir de rien (des associations existent, des individus ont travaillé sur des questions connexes), mais un travail de médiation est nécessaire pour faire advenir ces publics. C'est précisément là que peuvent intervenir des associations comme Vivagora – dans ce processus de « médiation » au sens premier du terme (c'est-à-dire de création d'un milieu) : par opposition à l'action d'un simple intermédiaire qui se contenterait de mettre en relation des acteurs aux identités fixes en restant lui-même inchangé. Dans les processus présentés ici, toutes les identités (celle de l'association, de ses partenaires, des questions discutées) sont susceptibles de se transformer. On voit la différence avec les mécanismes de la solution participative qui ont été décrits au chapitre 3 : il ne s'agit pas de disposer d'une procédure de fabrication de public transportable d'un sujet à l'autre, mais d'expérimenter *à la fois* le problème à traiter et les identités des groupes sociaux concernés par celui-ci. On devine aussi que cette position expérimentale est inconfortable : en se fondant sur le travail avec les acteurs de la politique scientifique, elle exige une vigilance permanente pour permettre l'orientation des programmes sans se limiter à un rôle de figurant.

257. Nanomed Roundtable, a report on the nanomedicine environment, 2010, p. 15.

## Produire des publics par la mobilisation

Face à des nanotechnologies difficiles à saisir, les différentes façons de se mobiliser considérées ici proposent de construire des publics distincts, et par là des façons de concevoir le rôle politique de la « société civile ». Tandis que certaines associations repèrent des positions définies à défendre (l'existence des substances nano pour leur entrée dans la régulation), d'autres acteurs envisagent de considérer les nanotechnologies comme un programme global, comprenant l'innovation responsable et la solution participative. Parmi ces derniers, des critiques considèrent que la constitution d'un public des nanotechnologies ne peut que solidifier la politique scientifique globale. En refusant de réduire les problèmes publics des nanotechnologies à la gestion des risques d'un ensemble de produits disparates, ils veulent permettre aux « simples citoyens » de devenir enquêteurs critiques. Les exemples cités dans les pages précédentes ont montré qu'on peut envisager d'autres modes de mobilisation qui, à la différence des précédents, ne considèrent pas que l'identité des publics des nanotechnologies doit être tranchée a priori. Dans cette dernière optique, l'accent est mis sur les possibilités de constitution des « attentes sociales » et des composantes techniques, des publics participants et des orientations de la politique scientifique. À condition de multiplier les lieux et les modalités d'intervention, et d'expérimenter des dispositifs (veille citoyenne, écriture collective de normes, orientation pluraliste de la politique scientifique), cette approche rend possible la mise en discussion de la constitution de la politique scientifique, de l'existence des substances nano, de la définition des questions éthiques, et de la fabrication des publics.

Pour les critiques comme pour les « expérimentalistes », la solution participative est l'objet direct de la mobilisation associative : soit pour être critiquée en tant qu'élément du programme nanotechnologies et instrument de solidification de l'innovation responsable, soit pour la travailler, la recomposer et finalement en faire une occasion de constitution des publics plutôt qu'un mécanisme

de mobilisation de procédures stabilisées. Les deux catégories d'acteurs doivent faire en sorte de négocier leurs positions – critique à distance pour l'un, intégration avec les acteurs des nanotechnologies pour l'autre – afin de produire ce qui est pour chacun d'eux le social des nanotechnologies : une collection de citoyens-enquêteurs critiques dans un cas, des groupes associatifs en constitution en fonction d'enjeux progressivement identifiés dans l'autre. En cela, les deux groupes offrent une illustration de ce que peut vouloir dire *se mobiliser* au sujet des nanotechnologies.

## Conclusion

Les nanotechnologies sont un programme global, qui se manifeste dans des lieux divers : aussi bien dans les musées des Sciences que dans les laboratoires de recherche, dans les bureaux des fonctionnaires de la politique scientifique et dans ceux des dirigeants des entreprises industrielles, dans les mobilisations sociales et dans les réunions de débat public.

Les cas examinés dans les pages précédentes montrent que ce programme global met à l'épreuve les catégories de l'analyse et de l'action politiques. La *représentation* tout d'abord, celle des attentes de la société et du citoyen, des parties prenantes et des groupes concernés par les nanotechnologies, tout autant que celle des objets et des questions scientifiques et techniques<sup>258</sup>. On a vu des dispositifs participatifs à l'œuvre : la conférence de citoyens cherche à représenter les nanotechnologies et le citoyen « neutre », le débat de la Commission Nationale du Débat Public les arguments les groupes sociaux qui les portent. Dans les deux cas, les nanotechnologies se sont révélées être une catégorie difficile pour la

---

258. Les études sociales des sciences ont bien montré la productivité de l'approche qui consiste à considérer de façon symétrique représentation technique et représentation sociale. M. Callon, "Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay", dans Law, J (dir.), *Power, Action and Belief: a New Sociology of Knowledge?*, Routledge : 196-223, London, 1986.

représentation. La vaste politique scientifique résiste à sa transcription dans des dispositifs qui veulent la peindre de façon objective, tandis que les incertitudes sur les publics font de la représentation des « attentes sociales » un exercice périlleux.

Une seconde catégorie de l'action publique qui se trouve mise à l'épreuve par les nanotechnologies est la *gestion administrative* des problèmes publics. L'innovation responsable veut que les risques soient anticipés et les questions éthiques soulevées traitées en amont. En conséquence, les administrations sont sommées de se pencher sur les nanotechnologies avant l'apparition d'un problème public. Mais en appeler à l'innovation responsable et à la solution participative n'est pas d'une grande aide si on doit conclure au manque d'information. Dans la situation des nanotechnologies, le manque d'informations n'est pas seulement une question de retard dans la recherche scientifique. Il est lié à des problèmes sur les faibles doses et sur la stabilité des substances, sur l'incertitude des problèmes éthiques du fait de la possibilité de l'émergence de nouvelles propriétés, dont on ne peut, par définition, prévoir toutes les caractéristiques. Ainsi toute tentative de gestion des problèmes éventuels des nanotechnologies pousse à s'interroger sur l'existence même des objets et de leurs implications.

Enfin la *mobilisation* est une troisième catégorie politique mise à l'épreuve par les nanotechnologies. On l'a vu, on peut se mobiliser sur les nanotechnologies en considérant un aspect de la politique scientifique : des ONG se battent pour enregistrer telle ou telle nanoparticule comme un pesticide dans la régulation américaine ou européenne. Mais prendre en compte les nanotechnologies comme une politique scientifique globale amène à des formes de mobilisation originales, qui proposent soit une critique radicale à distance (voir la démarche de Pièces et main d'œuvre), soit une démarche de mise en forme du social et des problèmes (voir les actions menées par Vivagora).

Ainsi les nanotechnologies mettent-elles à mal les catégories politiques. Les instruments utilisés pour représenter, pour gérer

les problèmes publics ou pour se mobiliser ne peuvent tout embrasser : des citoyens critiques, des substances chimiques mal caractérisées, des perspectives futures du programme de politique scientifique débordent des cadres définis par les répertoires habituels de l'action politique. Car la question politique des nanotechnologies, on le voit mieux maintenant, c'est la constitution de nouveaux objets – qu'ils soient matériels comme les nanoparticules ou machines moléculaires, ou faits d'anticipation –, et de leurs publics – les groupes concernés par les nanotechnologies, le « social » de la politique scientifique. Il importe alors d'éviter des pièges qui conduisent à la fois à une mauvaise analyse et à une mauvaise appréciation des façons de traiter les nanotechnologies en démocratie.

### Des écueils à éviter

Les nanotechnologies perdent ce qui fait leur identité si on leur fait subir un traitement qui pourtant a tout du bon sens, et qui consiste à chercher à distinguer les « faits » de la « fiction » en isolant les différentes applications du domaine. Mais une fois découpées en applications diverses qui pourraient être chacune évaluées séparément, les nanotechnologies ne sont plus qu'une collection de produits disparates, dont l'existence n'est pas considérée comme problématique. Or c'est en tant que politique scientifique créatrice d'objets physico-chimiques, de problèmes publics et de publics divers que les nanotechnologies suscitent l'intérêt et interrogent, dans le même temps, le fonctionnement de la démocratie. De même, la critique (fréquente) des « discours futuristes » qui seraient propagés à tort par les médias ou par des auteurs avides d'histoires sensationnelles risque fort de manquer une dimension centrale des nanotechnologies : celle qui a trait à l'intégration du futur dans la politique scientifique par des instruments comme les feuilles de route ou par l'intégration des études toxicologiques dans les pratiques scientifiques avant que ne soient repérés des problèmes sanitaires.

La délégation à l'expertise est le second écueil. Elle est souvent la solution adoptée pour prendre en charge le problème des risques potentiels des substances nano, les questions éthiques des développements futurs des nanotechnologies, ou les relations avec le public. Des scientifiques sont censés évaluer les dangers des substances, des éthiciens sont mobilisés pour fournir les principes moraux à suivre ou les valeurs à préserver, des spécialistes des procédures participatives organisent des débats publics dont ils maîtrisent les procédures. Mais dans la situation d'incertitude sur l'existence des substances, des problèmes et des publics, constitutive des programmes des nanotechnologies, chaque composante de l'activité d'expertise est éminemment politique : le moindre détail technique de la définition des nanomatériaux exclut certains produits de la régulation, une défense philosophique du consentement éclairé empêche de s'interroger sur la constitution des faits scientifiques, l'organisation d'une procédure participative modèle un citoyen d'une façon qui peut être controversée. Non seulement le seul recours à l'expertise est contestable du point de vue du fonctionnement démocratique (si on considère que les questions politiques méritent, en démocratie, d'être discutées collectivement), mais il ne peut prétendre fournir à lui seul des solutions à des problèmes marqués par l'incertitude.

En conséquence, l'analyse nous conduit à critiquer la position qui consiste à séparer les problèmes à traiter des instruments à mobiliser pour le faire : c'est le troisième écueil à éviter. Par exemple, l'innovation responsable pose la nécessité de l'évaluation risques/bénéfices, d'une approche éthique (le consentement éclairé par exemple), ou encore la mobilisation de la solution participative via l'utilisation de tel ou tel dispositif participatif (conférence de citoyens ou débat public), au sujet de questions sur les nanotechnologies qui pourraient être définies indépendamment des outils censés leur être appliqués. Mais une telle séparation *a priori* est vouée à rencontrer des difficultés. Car, on l'a bien vu au cours des chapitres précédents, les nanotechnologies mettent en

question à la fois les problèmes et les instruments de leur traitement : sont susceptibles d'être discutés à la fois les dangers des substances chimiques et les méthodes de gestion des risques, les questions éthiques et les approches à adopter pour les examiner, les enjeux des nanotechnologies et les procédures participatives censées les traiter. Ainsi, le recours à l'innovation responsable et à la solution participative ne peut prétendre clôturer la discussion publique sur le traitement des nanotechnologies. Alors que chaque méthode de traitement des risques, chaque démarche d'analyse éthique, chaque dispositif participatif et chaque forme de mobilisation est inséparable d'un certain ordre politique, il incite au contraire à s'interroger sur les significations des outils mobilisés pour l'organisation de la démocratie.

### Rendre problématiques les nanotechnologies

Les administrations tout autant que les acteurs de la société civile se trouvent confrontés à la question de l'existence des objets des nanotechnologies et de leurs publics. Une fois écartées les fausses solutions de bon sens, tout l'enjeu démocratique des nanotechnologies consiste donc à transformer la question de l'existence en un problème discutable, à *problématiser* les nanotechnologies. *Problématiser* les nanotechnologies veut dire ne pas considérer comme donnés les assemblages faits de pratiques scientifiques, de régulation juridique et de programmes de financement qui font exister des substances chimiques, des applications anticipées et des « publics » censés jouer différents rôles. Problématiser les nanotechnologies, c'est donc s'interroger à la fois sur les questions techniques et sur l'organisation politique à mettre en œuvre pour les traiter. C'est rendre discutables les façons de faire exister des substances chimiques et des anticipations de développement technologique comme les modalités de la démocratie.

On a vu des exemples où cette démarche est entreprise : le Nanoforum pose directement la question des modalités des instruments de gestion des risques (l'étiquetage par exemple) et par

là celle de l'existence des nano-objets. Les dispositifs expérimentés par le Center for Nanotechnology in Society en Arizona conduisent à s'interroger sur les détails de la pratique scientifique en laboratoire ou, par des procédés d'écriture de scénarios, à transformer en un problème dont il faut débattre les développements futurs des nanotechnologies. L'Alliance citoyenne sur les enjeux des nanotechnologies propose d'expérimenter la constitution de « publics » des nanotechnologies.

On voit le décalage avec l'innovation responsable. Plutôt que d'appeler à utiliser les « vraies informations » sur les nanotechnologies, on s'interroge sur la construction de celles-ci, sur leur signification et sur les problèmes publics qu'elles font émerger. Plutôt que de clamer l'importance du dialogue avec le « public », il s'agit de le faire exister en même temps que les questions sur lesquelles il se penche. Plutôt que de se contenter d'un discours vague et consensuel sur le contrôle des risques et la nécessité du dialogue, en imposant un problème public indifférencié en termes de risques à traiter, on cherche à expérimenter des dispositifs où les orientations de la politique scientifique, les modalités de l'existence des objets et la nature des publics sont discutées.

À la condition de ne pas se laisser entraîner vers les fausses solutions de bon sens, les sciences sociales ont un rôle dans ce travail de problématisation : en montrant quels rôles jouent les instruments de la politique scientifique, en analysant l'opérationnalisation des visions du futur dans des outils de gestion de la recherche, en étudiant les dispositifs de l'innovation responsable et de la solution participative, et les modèles de démocratie qu'ils proposent, elles peuvent participer à l'ouverture de la politique scientifique à la discussion publique.

## Expérimenter des distances

Compte tenu de l'appel permanent à leur intégration dans les politiques nanotechnologies, la question de la « bonne distance » entre les chercheurs en sciences sociales intéressés par les

nanotechnologies et leurs objets est permanente. La même difficulté se pose pour les organisations de la société civile qui cherchent à problématiser les nanotechnologies. Elle prend la forme de la crainte permanente de se « faire récupérer », de servir de caution à une politique de développement technologique non remise en cause.

Face à cette difficulté, le choix de certains est de tenter de retrouver une extériorité à partir de laquelle il est possible de mener une critique efficace. C'est le choix de PMO. Il implique un travail d'ajustement parfois très fin (on l'a vu dans le cas du débat national CNDP) pour maintenir la distance critique. Il est fondé sur une essentialisation des « intérêts » censés motiver l'action, qui ne peut rendre compte des situations incertaines où les « intérêts » sont mal définis. Il court le risque de manquer les prises pour problématiser les nanotechnologies en posant toujours comme condition la non-compromission.

Une autre solution consiste à considérer que la distance envers les problèmes étudiés ou objets de la mobilisation n'est pas à décréter d'emblée, mais à expérimenter dans un travail continu. On y est amené naturellement si on considère que rendre problématiques les nanotechnologies, c'est contribuer à faire exister les objets des nanotechnologies et leurs publics.

Ainsi, lorsque le chercheur engagé dans le laboratoire s'interroge sur les pratiques des scientifiques avec qui il interagit, il participe avec eux à la définition des projets de recherche. Lorsque des scénarios sont écrits avec des scientifiques et des membres d'associations, le futur des nanotechnologies prend davantage de consistance. S'interroger sur les modalités d'un étiquetage des nanoproduits ou intervenir dans la construction d'une norme de gestion de l'incertitude sur les nanomatériaux à destination des industriels conduit à faire exister les substances chimiques. « Structurer la société civile » comme tentent de le faire des initiatives comme les veilles citoyennes, c'est à la fois rendre problématique le public des nanotechnologies et participer à sa constitution.

Toutes ces démarches problématissent les nanotechnologies en dénaturalisant leur existence – qui, à présent, est à construire. Elles supposent que la position de chacun n'est pas fixée par avance. Telle association de la société civile devra s'interroger sur son identité : milite-t-elle pour la « démocratisation des choix techniques ? » Ou pour la prise en compte des risques éventuels des nanomatériaux ? Les deux sans doute, et ce que cela veut dire pour l'action associative ne peut être connu à l'avance. Tel chercheur se propose d'être « humaniste embarqué » dans un laboratoire : ses relations avec les chercheurs devront être expérimentées, il lui est impossible de savoir au départ jusqu'à quel point il pourra intervenir dans la définition et la réalisation des projets. On voit donc que la distance à l'objet qui est à la base, pour les critiques radicaux, de l'affirmation a priori de l'extériorité, est à considérer ici comme le résultat fugitif d'un processus continu, qui conduit à expérimenter des relations entre acteurs.

L'éthique ontologique dont on a parlé au chapitre 3 était critiquée précisément pour cela, pour l'impossibilité de la séparation entre l'intervention de l'éthique et la pratique scientifique. On peut répondre à cela que la problématisation des nanotechnologies peut et doit reposer sur un ensemble de processus, dont certains sont caractérisés par l'intégration dans la pratique scientifique tandis que d'autres mettent au jour les mécanismes de construction de la politique scientifique et les logiques qui président à l'innovation responsable, et donc décrivent l'inscription des expérimentations dans les programmes des nanotechnologies<sup>259</sup>. Si on laisse ouvertes les possibilités pour la critique, reste malgré tout la question de la direction des initiatives entreprises. Comment

259. En cela, la différence principale avec la posture de l'enquête critique consiste à ne pas considérer comme un a priori la distance à l'objet critiqué, mais comme le résultat d'un processus d'enquête. Cette réflexion sur la distance « expérimentale » à l'objet d'analyse et d'intervention s'appuie sur les travaux des pragmatistes américains, notamment W. James et J. Dewey, et fait l'objet d'un travail avec Michiel van Oudheusden (B. Laurent et M. van Oudheusden, à paraître, « Shifting and deepening engagement: experimental normativity »).

savoir en effet vers où va l'expérimentation de la distance ? Comment s'assurer des valeurs démocratiques de ce qui est produit ? Sans prétendre répondre à ces interrogations qui mériteraient d'être traitées en tant que telles, on peut considérer qu'un principe mérite de guider ces démarches : la nécessité de rendre discutables, d'ouvrir les possibilités de choix, et donc de multiplier les possibilités de problématisation, à différentes échelles et dans différents sites. C'est ainsi que les approches rencontrées dans les pages précédentes qui permettent de rendre discutables les objets, les publics et les problèmes (veilles citoyennes, processus d'élaboration de normes, discussion des instruments de la politique scientifique...) ne sont pas exclusives les unes des autres. Au contraire, c'est en les multipliant qu'on augmente les possibilités critiques. C'est à ce prix qu'on peut faire de la problématisation des nanotechnologies une démarche susceptible d'enrichir la démocratie.

## La démocratie à construire

Les décisions relatives aux nanotechnologies sont distribuées : elles ont trait à des attributions de financement, à la construction de standards ou à l'élaboration de la régulation. Elles concernent des instances européennes, des gouvernements nationaux, des collectivités locales, des agences, des laboratoires ou des entreprises privées. Il faut donc considérer que ce sont de multiples dispositifs qui doivent être créés pour problématiser les nanotechnologies. Que cela donne lieu à des initiatives dites « participatives » (au sens où elles mobiliseraient des mécanismes dits « participatifs ») ou qu'elles prennent d'autres formes importe peu. Ce qui compte, c'est de laisser ouvertes les possibilités de discussion sur les modalités de l'existence des objets, des publics et des problèmes, ce qui veut dire ne pas se satisfaire d'une vision toute faite de la démocratie, mais la considérer comme toujours à construire.

## Listes des sigles

ACEN	Alliance citoyenne sur les enjeux des nanotechnologies
CCNE	Conseil consultatif national d'éthique
CEA	Commissariat à l'énergie atomique
CNDP	Commission national du débat public
CNS	Center for Nanotechnology and Society
COMETS	Comité d'éthique du CNRS
EGE	European Group on Ethics in Science and New Technologies
ELSA/ELSI	Ethical, Legal and Societal Aspects/Implications
EPA	Environmental Protection Agency
FDA	Food and Drug Administration
FIFRA	Federal Insecticide Fungicide and Rodenticide Act
ICTA	International Center for Technology Assessment
IRGC	International Risk Governance Council
ISO	International Standardization Organization
IWGN	Interagency Working Group on Nanotechnology
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health

NISE	National Informal Science Education
NNI	National Nanotechnology Initiative
NSF	National Science Foundation
PMO	Pièces et main d'œuvre
REACH	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals
RTTA	Real-Time Technology Assessment
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
TSCA	Toxic Substance Control Act

## Bibliographie

F. Allhof, "Germ-line genetic enhancement and Rawlsian primary goods", *Kennedy Institute of Ethics Journal*, 15(1) : 39-56, 2005.

D. Barben, *et al.*, "Anticipatory governance of nanotechnology. Foresight, engagement and integration", dans Edward Hackett *et al.* (dir.), *Handbook of Science and Technology Studies*, MIT Press, Cambridge, MA : 979-1000, 2008.

A. Barry, "Demonstrations: sites and sights of direct actions", *Economy and Society*, 28(1) : 75-94, 1999.

Y. Barthe, *L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques : enquête sur une « organisation-frontière »*, Rapport pour le Programme Sciences bio-médicales, santé et société, CNRS – INSERM, MiRe-DRESS, 2006.

L. Bell, 2008, "Engaging the public in technology policy: a new role for science museums", *Science Communication*, 29(3) : 386-398.

I. Bennet, et D. Sarewitz, "Too little too late: research policies on the social implications of nanotechnology", *Science as Culture* 15(4) : 309-324, 2006.

B. Bensaude-Vincent, "The construction of a discipline. Materials science in the USA", *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 31 : 223-248, 2001.

- B. Bensaude Vincent, « Les nanotechnologies : un terrain pour changer la science et la société ? », *Cahiers du M.U.R.S.*, octobre 2006 : 9-20, 2006.
- B. Bensaude Vincent, *Les Vertiges de la technoscience. Façonner le monde atome par atome*, La Découverte, Paris, 2009.
- J. Besançon et J. Benamouzig, « Administrer un monde incertain: Les nouvelles bureaucraties techniques. Le cas des agences sanitaires en France », *Sociologie du Travail*, 46(3) : 301-322, 2005.
- N. Bostrom, *The Transhumanist FAQ. A General Introduction*, World Transhumanist Association, 2003 ( ).
- D. Bourg et D. Boy, *Conférences de citoyens. Mode d'emploi*, Descartes & Cie/ Éd. C. L. Mayer, Paris, 2005.
- D. Boy, P. Roqueplo et D. Donnet-Kamel, « Un exemple de démocratie participative. La conférence de citoyens de 1998 sur les organismes génétiquement modifiés », *Revue Française de Science Politique*, 50 : 779-809, 2000.
- N. Brow et M. Michael, "A sociology of expectations: retrospectively prospecting and prospecting retrospects", *Technology Analysis and Strategic Management*, 15(1) : 3-18, 2003.
- V. Bush, *Science the Endless Frontier*, United States Government Printing Office, Washington, 1945.
- M. Callon, "Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St Brieuc Bay", dans Law, J. (dir.), *Power, Action and Belief: a New Sociology of Knowledge?* Routledge, London : 196-223, 1986.
- M. Callon, P. Lascoumes et Y. Barthe, *Agir dans un monde incertain*, Seuil, Paris, 2001.
- H. Choi et C. Mody, "the long history of molecular electronics: micro-electronics origins of nanotechnology", *Social Studies of Science*, 39(11) : 11-50, 2009.
- M. Cobb and P. Hamlett, 2008, "The first national citizens technology forum on converging technologies and human enhancement: adapting the Danish consensus conference in the USA", paper presented at the 10th Conference on Public Communication of Science and Technology, Malmö, Sweden, June 25-27, 2008.
- Committee for the Review of the *National Nanotechnology Initiative*, 2002, *Small Wonders, Endless Frontiers. A Review of the National Nanotechnology Initiative*, National Academy Press, Washington, DC.
- S. Crombez et B. Laurent, « Du dialogue de sourds à l'exploration de sujets complexes », *La Gazette de la Société et des Techniques*, 2008.
- W. Crone, *Bringing Nano to the Public: A Collaboration Opportunity for Researchers and Museums*, NISE, NSF, 2006.
- A. S. Daar, K. Berndtson, D. L. Persad et P. A. Singer, "How can developing countries harness biotechnology to improve health?", *BMC Public Health*, 7 : 346, 2007.
- W. Dab et al., « Risques et bénéfices des nanotechnologies. Le besoin de nouvelles formes de débat public », 2009, *Annales des Mines. Responsabilité et Environnement*, n° 55, juillet 2009.
- E. Drexler, "Nanotechnology: From Feynman to Funding", *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24 (1) : 21-27, 2004.
- E. Drexler, *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*, Doubleday, London, 1986.
- J.-P. Dupuy et A. Grinbaum, "Living with uncertainty: Toward the ongoing normative assessment of nanotechnology", *Technè*, 8 (2) : 4-25, 2004.
- J.-P. Dupuy et F. Roure, *Nanotechnologies : Ethique et Prospective Industrielle*, Conseil général des Mines et Conseil général des technologies de l'information, 2004.
- J.-P. Dupuy, *Retour de Tchernobyl. Journal d'un homme en colère*, Seuil, Paris, 2006.
- J.-P. Dupuy, "Complexity and uncertainty: toward a prudential approach to nanotechnology", dans Allhoff, Fritz et al., *Nanoethics: the Social and Ethical Implications of Nanotechnology*, John Wiley, Hoboken, NJ : 119-131, 2007.
- S. Epstein, *Impure Science. AIDS, Activism and the Politics of Knowledge*, University of California Press, Berkeley, 1996.
- J. Evans, *Playing God? Human Genetic Engineering and the Rationalization of Public Bioethical Debate*, Chicago, Chicago University Press.

- E. Fisher, "Lessons learned from the *Ethical, Legal and Social Implications Program* (ELSI): Planning societal implications research for the *National Nanotechnology Program*", *Technology in Society*, 27: 321-327, 2005.
- E. Fisher, "Ethnographic invention: Probing the capacity of laboratory decisions", *NanoEthics* (2007) 1: 155-165, 2007.
- D. Guston et D. Sarewitz, "Real-time technology assessment", *Technology in Society*, 24: 93-109, 2002.
- P. Hamlett and M. Cobb, "Potential solutions to public deliberation problems: Structured deliberations and polarization cascades", 34 (4) : 629-648, 2006.
- C. Heller, "From scientific risk to paysan savoir-faire: Peasant expertise in the French and global debate over GM Crops", *Science as Culture*, 11 (1) : 5-37, 2002.
- M. Hubert, « Hybridations instrumentales et identitaires dans la recherche sur les nanotechnologies. Le cas d'un laboratoire public au travers de ses collaborations académiques et industrielles », *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, n° 2 : 243-266, 2007.
- J. Hughes, *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond To The Redesigned Human Of The Future*, Basic Books, New York, NY, 2004.
- F. Jacq, *Pratiques scientifiques, formes d'organisation et représentations politiques de la science dans la France d'après-guerre. La politique de la science comme énoncé collectif (1944-1962)*, thèse de doctorat, École des Mines, Paris, 1996.
- S. Jasanoff, *Science at the Bar*, MIT Press, Cambridge, 1990.
- S. Jasanoff, *The Fifth Branch. Science Advisers as Policy-makers*, Harvard University Press, Cambridge, 1993.
- S. Jasanoff, "The political science of risk perception", *Reliability Engineering and System Safety*, 59 (1) : 91-99, 1998.
- S. Jasanoff, 2005, *Designs on Nature*, Princeton University Press, Princeton.
- S. Jasanoff, à paraître, *Constitutional moments in governing science and technology*.
- P.-B. Joly et C. Marris, « La participation contre la mobilisation. Une analyse comparée du débat sur les OGM en France et aux États-Unis », *Revue internationale de politique comparée*, 2 (10) : 195-206, 2003.

- R. Jones, "Are you a responsible nanoscientist?", *Nature Nanotechnology*, vol. 4 : 336, juin 2009.
- F. Jotterand, "Beyond therapy and enhancement", *Nanoethics*, 2 (1) : 15-23, 2008.
- B. Joy, "Why the future doesn't need us", 2000, *Wired*, 8 (4), avril 2004.
- M. Kearnes, "Chaos and control: Nanotechnology and the politics of emergence", *Paragraph* 29 (2) : 57-80, 2006.
- A. Keiper, "Nanoethics as a discipline?", *The New Atlantis*, 50: 55-67, 2004.
- C. Kelty, "Allotropes of fieldwork in nanotechnology", in F. Jotterand (ed.) *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*, Springer, Dordrecht: 157-180, 2008.
- C. Kelty, "Beyond implications and applications: the story of 'safety by design'", *NanoEthics*, 3 (2) : 79-96, 2009.
- G. Khushf, "The ethics of nanotechnology: Vision and values for a new generation of science and engineering", in National Academy of Engineering, *Emerging Technologies and Ethical Issues in Engineering: Papers from a Workshop, October 14-15, 2003* : 29-56, DC: National Academies Press, Washington, 2004.
- G. Khushf, "Open evolution and human agency. The pragmatics of upstream ethics in the design of artificial life", in Bedau, Mark et Emily Park (dir.), *The Ethics of Protocells. Moral and Social Implications of Creating Life in the Laboratory*, MIT Press, Cambridge (MA) : 223-252, 2009.
- D. Kleinman et J. Delborne, "Engaging citizens: The high cost of citizen participation in high technology", 2009, paper presented at the 4S Meeting, Washington, DC, Oct 28-30, 2009.
- K. Kulinowski, "Nanotechnology: From 'wow' to 'yuck' ?", *Bulletin of Science, Technology and Society*, 24(1) : 13-20, 2004.
- R. Kurzweil, *Fantastic Voyage: Live Long Enough to Live Forever*, , Emmaus (PA), 2004.
- S. Langton, *Citizen Participation in America*, Lexington, Lexington, MA Books, 1980.
- B. Latour, *La Science en action*, La Découverte, Paris, 1989.

- B. Laurent et E. Fisher, "Integration discourses. Neo-determinism, reflexivity and the mainstreaming of science studies", Arizona State University Working Paper, 2009.
- B. Laurent, "Diverging convergences", *Innovation. The European Journal of Social Science Research*, 20(4) : 343-357, 2007.
- B. Laurent, "Engaging the public in nanotechnology? Three models of public engagement", CSI Working Paper n° 8, 2008.
- B. Laurent, "Replicating participatory procedures. The consensus conference confronts nanotechnology", 2009, CSI Working Paper n° 18, article présenté à la 4S Conference, Washington, 28-30 octobre 2009.
- B. Laurent, "Representing nanotechnology and society in the science exhibition", in Filippopoliti, Anastasia (dir.), *The Science Exhibition*, MuseumEtc, London, 2010.
- B. Laurent, "Representing nanotechnology and society in the science exhibit", article présenté au *Science and Democracy Network Meeting*, 2010, Londres, 27-29 juin 2010.
- B. Laurent, « Participation du public et nanoparticules. Traiter les nanoparticules d'argent en démocratie », dans Lacour, Stéphanie (dir.), *Clair-Obscur Normatif. La Régulation des nanotechnologies*, Larcier, Bruxelles : 153-174, 2010.
- B. Laurent, « Un tournant participatif? Un regard historique sur la participation du public dans les politiques scientifiques aux États-Unis », dans Bacqué, Marie-Hélène et Yves Sintomer, *La Démocratie participative. Histoires et Généalogies*, La Découverte, Paris, 2010.
- P. Lin, "Space ethics. Looking before another leap for mankind", *Astropolitics*, 4 : 281-294, 2006.
- P. Lin, "Nanotechnology bound: evaluating the case for more regulation", *Nanoethics*, 1 : 105-122, 2007.
- Lloyd's emerging risks team, *Nanotechnology: Recent Developments, Risks and Opportunities*, Lloyd's, Londres, 2007.
- L. Mac Cain, "Informing technology policy decisions: the US Genome Project's ELSI program as a critical case", *Technology in Society*, 24(1) : 111-132, 2002.

- N. Marres, "The issue deserves more credit. Pragmatist contributions to the study of public involvement in controversies", *Social Studies of Science*, 37(5) : 759-780, 2007.
- C. Marris et al., *Public Perceptions of Agricultural Biotechnologies in Europe*, report of the PABE research project funded by the European Commission, 2001.
- C. Méadel et M. Akrich, « De l'interaction à l'engagement : les collectifs électroniques, nouveaux militants dans le champ de la santé », *Hermès*, 47 : 145-154, 2007.
- P. Miller, et T. O'Leary, "Mediating instruments and making markets: capital budgeting, science and the economy", *Accounting, Organization and Society*, 32 : 701-734, 2007.
- Y. Miserey et P. Pellegrini, *Le Groupe radio-écologie Nord-Cotentin. L'expertise pluraliste en pratique*, La Documentation française, Paris, 2007.
- A. Mnyusiwalla, A. S. Daar and P. A. Singer, "Mind the gap: science and ethics in nanotechnology", *Nanotechnology* 14 : 9-13, 2003.
- J. Moor, "Why we need better ethics for emerging technologies", *Ethics and Information Technology*, 7(3) : 111-119, 2005.
- A. Nordmann (dir.), *Converging Technologies for the European Knowledge Society*, European Commission, Brussels, 2004.
- A. Nordmann, "European Experiments", *Osiris*, 24 : 278-302, 2009.
- J.-P. Pautrat, *Demain le nanomonde. Voyage au cœur du minuscule*, Fayard, Paris, 2002.
- Pièces et Main d'Œuvre, *Nanotechnologies. Maxiservitudes*, L'Esprit Frappeur, Paris, 2006.
- Pièces et Main d'Œuvre, *Aujourd'hui le Nanomonde. Nanotechnologies et projet de société totalitaire*, L'Échappée, Paris, 2008.
- T. Pinch et W. Bijker, "The social construction of facts and artifacts: Or how the sociology of science and the sociology of technology might benefit each other", *Social Studies of Science*, 14(3) : 399-441, 1984.
- K. Prosseda, "Policy debate on the Internet: Panelists evaluate the process" in J. Herkert (Ed.), *2002 International Symposium on Technology and Society*, IEEE: Piscataway, NJ, 2003.
- O. Renn et M. Roco, *White Paper on Nanotechnology Risk Governance*, IRGC, Genève, 2006.

- M. Revel et al., *Le Débat public. Une expérience française de démocratie participative*, La Découverte, Paris, 2001.
- A. Rip, "Folk theories of nanotechnologists", *Science as Culture*, 15(4) : 349-365, 2006.
- Roco, Mihail et William Bainbridge (dir.), *Societal Implications of Nanotechnology*, Kluwer, Dordrecht, 2001.
- M. Roco et W. Bainbridge (dir.), *Nanotechnology: Societal Implications. Maximizing Benefits for Humanity*, report of the NNI workshop, Dec 3-5, Arlington, VA, 2003.
- M. Roco et W. Bainbridge (dir.), *Nanotechnology: Societal Implications*, Springer, Dordrecht, 2007.
- M. Roco et W. Bainbridge, *Converging Technologies for Improving Human Performance*, Kluwer, Dordrecht, 2003.
- M. Roco, "Nanoscale science and engineering: unifying and transforming tools", *AIChE Journal*, 50(5) : 890-897, 2004.
- M. Roco, S. Williams et P. Alivasatos (eds.), *Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report. Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade*, WTEC, Loyola College in Maryland, 1999.
- N. Sachs, "Jumping the pond: Transnational law and the future of chemical regulation", *Vanderbilt Law Review*, 62 : 1817-1869, 2009.
- F. Salamanca-Buentello, D. L. Persad, B. E. B. Court, D. K. Martin, A. S. Daar, P. A. Singer, "Nanotechnology and the developing world", *PLoS Med* 2(5), 2005.
- Scheufele. Dietram, "Five lessons in nano outreach", *Materials Today*, 9(5) : 64, 2006.
- R. Sclove, *Choix technologiques, choix de société*, Ed. Charles Léopold Mayer/Descartes, Paris, 2003.
- C. Selin, "Expectations and the emergence of nanotechnology", *Science, Technology and Human Values*, 32(2) : 196-220, 2007.
- H. Siegel et Roco, *Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study*, WTEC, Loyola College in Maryland, 1999.
- P. Singer, F. Salamanca-Buentello, A. S. Daar, "Harnessing nanotechnology to improve global equity", *Issues in Science and Technology*, Summer 2005 : 57-64, 2005.
- R. Smalley, "Of Chemistry, Love and Nanobots", *Scientific American*, septembre 2001 : 68-69, 2001.
- Swiss Reinsurance Company, *Nanotechnology: Small Matter, Many Unknowns*, SwissRe, Zurich, 2004.
- C. Toumey, "Reading Feynman into nanotechnology", *Techné*, 12(3) : 133-167, 2008.
- H. van Lent et A. Rip, "The rise of membrane technology: From rhetorics to social reality", *Social Studies of Science*, 28(2) : 221-254, 1998.
- J. Wilsdon et R. Willis, *See-through Science. Why Public Engagement Needs to Move Upstream*, Demos, Londres, 2004.
- L. Winner, *La Baleine et le Réacteur*, Descartes, Paris, 2002.
- B. Wynne, "Misunderstood misunderstandings. Social identities and public uptake of science", *Public Understanding of Science*, 1 : 281-304, 1992.
- A. Zucker, "The bearable newness of nanoscience", in Allhoff, Friz et Patrick Lin (dir.), *Nanotechnology and Society. Current and Emerging Ethical Issues*, Springer, Dordrecht : 55-71, 2008.

## Table des matières

Préface par <i>Bernadette Bensaude-Vincent</i> .....	9
Introduction .....	13
1. Une politique scientifique globale .....	21
La « révolution » des nanotechnologies : le résultat d'une politique scientifique .....	21
L'histoire controversée des nanotechnologies .....	26
Le futur dans les programmes nanotechnologies .....	34
Intégrer la société dans les programmes nanotechnologies .....	46
Quelques conséquences pour l'étude des nanotechnologies .....	60
2. Des risques sanitaires au cœur des débats politiques .....	65
Nouvelles propriétés, nouveaux risques ? .....	65
Traiter les risques potentiels des substances nano .....	68
Les difficultés de la toxicologie prédictive .....	74
Gérer l'incertitude... sans aborder le problème de l'existence .....	84
Faire avec l'incertitude sur l'existence : l'exemple du nanoargent .....	93
Faire de l'existence des substances nano un problème public .....	102
3. Des nanotechnologies éthiques ? .....	105
Les questions éthiques des nanotechnologies .....	105
Éthique-vérité et éthique-politique .....	111
Les impasses de l'éthique-vérité .....	122
Contre l'éthique-vérité et l'éthique procédurale .....	131
Différentes approches de l'éthique pour prendre en compte les nanotechnologies .....	143
4. Fabriquer les publics des nanotechnologies : la solution participative .....	147
Des formes de participation variées .....	148

La communication scientifique transformée ? . . . . .	158
La conférence de citoyens ou comment fabriquer un citoyen neutre . . . . .	166
Le débat public CNDP ou la représentation des arguments à l'épreuve . . . . .	179
À la recherche du public des nanotechnologies . . . . .	189
5. Des publics engagés : mobilisation sociale et nanotechnologies . . . . .	193
Mobilisation sociale pour le traitement des risques . . . . .	194
Une critique radicale des nanotechnologies . . . . .	198
Intervenir dans la constitution des nanotechnologies . . . . .	207
Conclusion . . . . .	223
Listes des sigles . . . . .	233
Bibliographie . . . . .	235

---

Vous pouvez vous procurer les ouvrages des Éditions Charles Léopold Mayer en librairie.

Notre catalogue comprend environ 300 titres sur les thèmes suivants :

<i>Économie, solidarité, emploi</i>	<i>Construction de la paix</i>
<i>Gouvernance</i>	<i>Écologie, environnement</i>
<i>Relations sciences et société</i>	<i>Prospective, valeurs, mondialisation</i>
<i>Agricultures et organisations paysannes</i>	<i>Histoires de vie</i>
<i>Dialogue interculturel</i>	<i>Méthodologies pour l'action</i>
<i>Communication citoyenne</i>	

Pour obtenir le catalogue des Éditions Charles Léopold Mayer, envoyez vos coordonnées par mél à [diffusion@eclm.fr](mailto:diffusion@eclm.fr) ou par courrier à :

Éditions Charles Léopold Mayer  
38 rue Saint-Sabin  
75011 Paris (France)

