



LE DEBAT SUR LES
NANOSCIENCES :
ENJEUX POUR LE CEA

Étienne Klein
Alexei Grinbaum
Vincent Bontems

DSM-LARSIM

(publication S07/093)

Juin 2007

SOMMAIRE

I	INTRODUCTION	3
II	QUE SONT LES NANOSCIENCES ET LES NANOTECHNOLOGIES ?	7
II.1	Les définitions en présence.....	7
II.2	Un champ multidisciplinaire défini par son échelle.....	11
II.3	Un nouvel horizon des politiques de recherche.....	16
II.4	Une technologie rapidement devenue un enjeu de société	22
II.5	Éthique et expérience.....	27
III	DANS QUEL CONTEXTE SOCIÉTAL LES NANOSCIENCES APPARAISSENT-ELLES ?	30
III.1	La montée des peurs et la crise de l'idée d'avenir	30
III.2	Le brouillage entre technique et éthique	32
III.3	L'hypersensibilité aux risques.....	34
III.4	L'ambivalence de notre rapport au progrès.....	36
III.5	Science et démocratie	38
IV	COMMENT LES NANOSCIENCES SONT-ELLES PENSÉES ?.....	41
IV.1	L'origine du débat sur les nanotechnologies	41
IV.2	Ce que l'éthique n'est pas	43
IV.3	Science et mythe	45
IV.4	Éthique et progrès.....	49
IV.5	La fonction symbolique des opposants aux nanotechnologies.....	51
IV.6	L'exemple du golem de Jérémie	52
V	QUELLES SONT LEURS IMPLICATIONS ÉTHIQUES ?.....	54
V.1	La perception du risque	54
V.2	Quand la science devient technoscience.....	56
V.3	La responsabilité des scientifiques	57
V.4	La responsabilité des institutions	59
V.5	L'éthique des nanobiotechnologies	61
V.6	L'éthique des nanotechnologies de l'information.....	63
V.7	La communication sur les nanotechnologies en tant que problème éthique	65

I INTRODUCTION

Les nanosciences et les nanotechnologies deviennent très présentes – et de plus en plus visibles – dans les activités du CEA. Ce nouveau domaine de recherches donne lieu, par ailleurs, à un foisonnement d’analyses et de commentaires, notamment dans les médias et, plus généralement, au sein de la société civile. Même si ce n’est pas toujours à bon escient, l’invocation des nanosciences et des nanotechnologies semble capable d’étayer toutes sortes de discours, dont on perçoit mal la cohérence globale : on les engage dans de multiples prophéties, on les accole à toutes sortes de peurs, on les implique dans les promesses les plus séduisantes. En somme, on les insère dans des scénarios contradictoires.

Selon les commentateurs, les nanosciences et les nanotechnologies sont tantôt présentées comme compatibles avec l’idée de salut (avec, en ligne de mire, un « homme nouveau » débarrassé des soucis liés à la matérialité du corps), tantôt avec celle de révolution pour notre civilisation, mais aussi avec l’idée de catastrophe ou bien encore avec celle de transgression (des valeurs culturelles fondamentales, celles relatives au corps, ou bien aux distinctions entre nature et artifice). Anticipant leur développement rapide au cours des deux prochaines décennies, des magazines américains n’hésitent plus à annoncer une percée qu’ils ont baptisée le *small bang*, qui serait comme une réplique technologique au *big bang* physique dont notre univers est issu. Ce *small bang* adviendra, selon eux, comme le résultat d’une convergence technologique généralisée, d’une symbiose explosive entre les progrès de l’informatique, des nanotechnologies, de la neurobiologie et de la génomique. Il devrait ouvrir grand les portes à une post-humanité dont nos ridicules limites humaines peinent à concevoir l’étendue des facultés, notre seule gloire étant de concourir à l’avènement de cette nouvelle espèce qui portera sur nous un regard de pitié condescendante et incrédule.

Plus sérieusement, les nanosciences et les nanotechnologies apparaissent d'abord comme un nouveau sujet permettant de réactiver – et en même temps de réactualiser – des questions que le bilan du XX^e siècle avait déjà obligé à poser : quels sont les liens entre science, pouvoir et démocratie ? Entre science et technique ? Entre science, contrôle et liberté ? Entre science et science-fiction ?

Les nanosciences et les nanotechnologies, s'étant d'emblée fortement couplées au monde économique et industriel, ont la particularité de brouiller davantage la distinction entre savoir et savoir-faire. Avec elles, la séparation entre d'un côté la science neutre, de l'autre des applications bonnes ou mauvaises, tend en effet à perdre son sens. Et c'est donc sans doute à bon droit que l'on s'interroge sur les orientations de la science à partir de ses applications, lorsque ses applications semblent ne plus faire qu'un avec elle.

D'autant que les applications des nanosciences surgissent dans un contexte particulier. D'une part parce que les relations entre science et société sont en pleine phase de reconfiguration. D'autre part parce que nous assistons à une affluence croissante des objets techniques dans la vie quotidienne : la quantité même de ces objets effraie désormais, ainsi que leur association au sein de réseaux qui prolifèrent. Certains commentateurs parlent d'un « vertige d'abondance » technologique que les nanotechnologies ne pourront qu'alimenter et amplifier.

Le point important est que les débats autour du nanomonde sont devenus si intenses, et si médiatiquement présents, que le CEA ne peut pas les ignorer, au moins en ce qui regarde sa façon de communiquer au sujet de ses propres travaux dans ce domaine : même s'il estimait qu'avec les nanosciences il ne se passe rien de fondamentalement nouveau, ou qu'il n'a donc pas de commentaires particuliers à faire, il faudrait quand même qu'il dise qu'il n'a rien de spécial à dire... On attend en effet de lui qu'il s'exprime d'une façon ou d'une autre, comme l'ont déjà fait d'autres organismes de recherches engagées dans les nanosciences.

Afin de mieux cerner les enjeux existants et d'aider le CEA à définir sa stratégie de positionnement et de communication, nous (les trois auteurs de ce rapport) avons étudié les implications éthiques des nanosciences et des nanotechnologies, en veillant à être lucides : ce ne sont pas seulement nos propres arguments qui nous ont servi de terreau réflexif, mais aussi et surtout les débats tels qu'ils se déroulent en divers lieux. Pour ce faire, nous nous sommes d'abord rendus à plusieurs reprises à Grenoble, où nous avons rencontré des chercheurs de MINATEC, de DRT et d'IdeasLab qui nous ont fait part de leur expérience de terrain, notamment en matière de débat public. Nous avons ensuite mis sur pied un groupe de travail sur les nanosciences associant des personnes de DSM, de DSV, de DRT et de DCOM : nous leur avons proposé de réagir à des articles de recherche consacrés aux nanosciences que nous avons sélectionnés et que nous leur avons présentés.

Ces lectures collectives nous ont permis de mieux saisir les enjeux de tous ordres associés aux nanosciences et de comprendre quels sont, aux yeux des chercheurs du CEA, les sujets qui cristallisent le plus les confrontations de points de vue. Elles nous ont conduits à débattre entre nous d'un certain nombre de questions, notamment celles qui font l'objet des chapitres de ce rapport :

- **Que sont les nanosciences et les nanotechnologies ?**
- **Dans quel contexte sociétal apparaissent-elles ?**
- **Comment les nanosciences et les nanotechnologies sont-elles pensées ?**
- **Quelles sont leurs implications éthiques ?**
- **Quelles recommandations pour le CEA ?**

Remerciements

Nous tenons à remercier très chaleureusement toutes les personnes que nous avons rencontrées à Saclay et à Grenoble et toutes celles qui ont participé à notre groupe de travail. Leur disponibilité, leur sens de l'accueil et leurs commentaires sur ce rapport nous ont été très précieux, ainsi que l'intérêt continu qu'ils ont montré pour notre travail.

II QUE SONT LES NANOSCIENCES ET LES NANOTECHNOLOGIES ?

II.1 Les définitions en présence

De quoi parle-t-on lorsqu'on utilise les mots « nanosciences » et « nanotechnologies », ou que l'on accole le préfixe « nano » aux substantifs « objet », « particule », « monde », *etc.* ?

Il ne s'agit pas, ici, d'opérer un tour d'horizon des multiples activités du CEA en la matière, comme cela a déjà été fait par le magazine *Clefs-CEA*¹, mais d'éclaircir l'enjeu même d'une définition. Employé pour la première fois en 1974, par Norio Taniguchi², le sens et la portée du terme « nanotechnologies » n'ont cessé depuis d'être redéfinis et sont encore l'objet de débats. C'est pourquoi la définition des nanosciences et des nanotechnologies ne saurait être établie *a priori*. La tâche est au contraire de mesurer jusqu'à quel point il est possible d'offrir une conception unificatrice de ce phénomène scientifique, politique et médiatique. Par exemple, est-il possible d'identifier un « programme métaphysique de recherche »³, qui sous-tendrait l'ensemble des objets, des discours et des images qui circulent ? Ou bien faut-il considérer qu'ils sont regroupés de manière plus contingente ?

À première vue, la définition des nanosciences et nanotechnologies dépend de celui qui parle et aussi de celui à qui l'on s'adresse : si les scientifiques emploient ces termes selon des critères précis, le grand public identifie en général les « nanos » à un nouveau domaine, assez flou, d'entités minuscules et imperceptibles, dont la prolifération éventuelle suscite des inquiétudes : « *Small is infectuous* »⁴. Entre ces deux pôles circulent des

¹« Le nanomonde : de la science aux applications », *Clefs CEA*, n° 52, été 2005.

² N. Taniguchi, *On the Basic Concept of "Nano-Technology"*, *Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo*, Part II, Japan Society of Precision Engineering, 1974.

³ Karl Popper appelle ainsi l'ensemble des idées et des conceptions du monde qui sous-tendent implicitement la recherche scientifique (cf. K. Popper, *Théorie quantique et le schisme en physique. Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique*. Traduction française : Paris, Hermann, 1996).

⁴ C. Chidsey, communication au colloque *What's new, ethically, about nanotechnology?*, Université Stanford, juin 2007.

métaphores et des analogies plus ou moins pertinentes. En outre, les discours anticipent souvent ce que *seront* les « nanos », si bien que ces prévisions futuristes, décalées par rapport à la réalité présente, éveillent autant de craintes que d'espoirs.

La visibilité importante du thème « nanos » dans les médias ne facilite guère la transparence des échanges entre science et grand public : les informations divulguées par les institutions scientifiques interfèrent avec des anticipations et des fictions, qui en amplifient, en déforment, ou en brouillent l'image. L'existence même de ces interférences ne témoigne pas que des résistances, mais aussi des attentes et des exigences de la société en matière de progrès technologique. Une revendication émerge de la part de la société, parfois considérée comme une menace pour la liberté du chercheur : ne pas être simplement mise devant le fait accompli, mais aussi associée à la transformation du monde que la science et la technique visent à produire.

Dans ces conditions, l'image du CEA est de toute façon engagée par son activité de recherche en nanosciences et en nanotechnologies. Il doit donc adopter une communication active en réponse aux interrogations de la société. Elle peut d'abord s'appuyer sur les valeurs de progrès et de convivialité que constituent les nanotechnologies pour chacune des lignées techniques qu'elles prolongent ou réinventent. En effet, avant même de faire état d'éventuelles retombées économiques, impliquant l'accroissement de la désirabilité marchande, la communication scientifique peut offrir un certain nombre de points de repère, tout en évacuant le soupçon de n'être guidée que par des valeurs vénales.

Un autre type de valeurs, qui ressortit directement à une prise de position éthique, doit se voir convoqué pour éclairer la conscience collective : ce sont les valeurs « écologiques » au sens large, c'est-à-dire les symboles d'un progrès des relations de l'homme à son environnement à la fois naturel, social et aussi artificiel (par exemple, l'amélioration de l'écologie urbaine grâce aux nouvelles technologies). L'idée d'une responsabilité de l'humanité dans son processus de co-évolution technique avec la nature doit remplacer celle d'une

nature considérée comme immuable. Pour ce faire, il faut que les scientifiques et les citoyens prennent leur part dans un processus d'élaboration d'une *responsabilité d'adhésion* au progrès technologique.

Dans cette perspective, on ne saurait faire l'économie d'une prise en charge, par l'institution scientifique et par les chercheurs, des exigences éthiques auxquelles la société aspire. Pour assumer ce nouveau rôle, les scientifiques auront besoin de la réflexion que peuvent leur apporter la philosophie et les sciences humaines, mais ils ne pourront leur déléguer complètement cette tâche. Il leur faudra donc aller au-delà de la stricte argumentation scientifique et mobiliser dans un discours rationnel les symboles qui sauront éveiller l'imagination du public à la vigilance *et* à la confiance.

Mais avant de chercher comment produire des représentations sociales adéquates aux réalités scientifiques, clarifions les points de vue depuis lesquels peuvent être définies les nanosciences et les nanotechnologies : elles apparaissent à la fois comme un *champ* de recherches en devenir, comme un *horizon* des politiques de recherche actuelles, mais aussi comme un *enjeu* de société, débattu plus précocement que dans le cas du nucléaire ou des OGM.

- **Un champ multidisciplinaire défini par son échelle**

Nanosciences et nanotechnologies désignent, en premier lieu, un *regroupement de domaines scientifiques* en vertu d'un *ordre de grandeur* : entre un et quelques centaines de nanomètres. Les nanosciences sont donc d'abord l'ensemble des connaissances (théories, modèles, savoir-faire) mobilisées à cette échelle, tandis que les nanotechnologies désignent les instruments, les techniques de fabrications et les applications dérivées.

- **Un nouvel horizon des politiques de recherche.**

Ces définitions des nanosciences et des nanotechnologies sont, au moins en partie, de nature conventionnelle. Le label « nano » regroupe ainsi nombre de recherches qui lui préexistaient. Son expansion actuelle constitue au demeurant un phénomène de si grande ampleur qu'il est en passe de modifier

les équilibres et les frontières au sein des institutions de la communauté scientifique. Une telle réorganisation ne peut se comprendre qu'à partir des politiques de recherche et des investissements consentis par les États et les entreprises. Ce *nouvel horizon des politiques de recherche* engendre une incontestable dynamique « nano ».

- **Une technologie devenue précocement enjeu de société.**

Ces politiques de recherche volontaristes ont été initiées et amplifiées par des discours promotionnels et futuristes, principalement exotériques (circulant à l'extérieur du champ scientifique). On les désigne par « *hype* » dans le monde anglo-saxon. Les thèmes de la « convergence » et de la « révolution » y ont été abondamment diffusés sans que leur pertinence soit évaluée. Cette stratégie de communication est relayée par des groupes sociaux qui vont des sectes et des auteurs de science-fiction aux experts des assurances et aux mouvements écologistes. Ainsi popularisées, les « nanos » sont devenu un *enjeu de société*, à telle enseigne que le grand public entend être informé et même, dans une certaine mesure, consulté.

L'avalanche de rapports sur les implications sociales, environnementales et éthiques des « nanos », produits par divers comités, témoigne de la prise de conscience de la dimension éthique et sociétale des perspectives liées au nanomonde. Pour s'en tenir à la France, parmi la multitude des rapports récemment rédigés, on citera ceux du Comité d'éthique du CNRS⁵, de l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques⁶, ou du Comité Consultatif National d'éthique pour les Sciences de la Vie et de la santé⁷.

⁵ COMETS, *Enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies*, 2006,

http://www.cnrs.fr/fr/presentation/ethique/comets/docs/ethique_nanos_061013.pdf.

⁶ J.-L. Lorrain et D. Raoul, *Nanosciences et progrès médical*, 2004, <http://www.senat.fr/rap/r03-293/r03-293.html>.

⁷ J.-C. Ameisen et C. Bulet (rapporteurs), *Questions éthiques posées par les nanosciences, les nanotechnologies et la santé*, Avis 96 du Comité Consultatif National d'Éthique pour les Sciences de la Vie et de la Santé, Paris, 2007.

II.2 Un champ multidisciplinaire défini par son échelle

2A Ordre de grandeur et conventions

La nécessité d'élaborer une définition des nanosciences et des nanotechnologies faisant autorité auprès des instances gouvernementales, et correspondant approximativement aux perceptions de la communauté scientifique, s'est fait sentir à la fin des années 1990 à la suite du débat politique aux Etats-Unis qui a précédé la création de la *National Nanotechnology Initiative (NNI)*. Elle a permis d'aboutir à une formulation utilisée dans les documents officiels de la NNI : travailler dans le domaine des nanotechnologies consiste à :

Travailler aux échelles atomiques, moléculaires et macromoléculaires, dans un ordre de grandeur allant approximativement de 1 à 100 nanomètres, afin de comprendre, de créer et d'utiliser des matériaux, des dispositifs et des systèmes possédant des propriétés et des fonctions fondamentalement nouvelles en raison de leur taille réduite⁸.

Quatre ans plus tard, la *Royal Society* et la *Royal Academy of Engineering* ont produit une définition du champ de recherche qui distingue les nanosciences des nanotechnologies :

La nanoscience est l'étude des phénomènes et la manipulation de matériaux aux échelles atomiques, moléculaires et macromoléculaires, où les propriétés diffèrent significativement de celles observées à plus grande échelle.

Les nanotechnologies recouvrent la conception, la caractérisation, la production et l'application de structures, de dispositifs et de systèmes par un contrôle de la forme et de la taille exercé à l'échelle nanométrique⁹.

Le champ des nanosciences et nanotechnologies se caractérisant d'abord par son ordre de grandeur spatiale, il apparaît comme transverse par rapport

⁸ M. C. Roco, W. S. Bainbridge et P. Alivastos, *Nanotechnology Research Directions*. IWGN Interagency Working Group on Nanoscience Workshop Report, Boston, Kluwer Academic Publishers, 2000, p. 3. Repris in: M. C. Roco, W. S. Bainbridge, *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information technology and cognitive science*. Report of The National Science Foundation, Arlington, 2002.

⁹ Royal Society & Royal Academy of Engineering, *Nanoscience and Nanotechnologies. Opportunities and Uncertainties*, <http://www.nanotech.org.uk/>, chapter 2, 2004.

aux domaines scientifiques classiquement définis par leur objet. Cette caractérisation s'accompagne de l'invocation des propriétés originales que présente la matière à l'échelle nanométrique. Dans cette perspective, il convient donc de se demander s'il est légitime de faire référence à l'unité des nanosciences comme s'il s'agissait d'une nouvelle discipline scientifique.

2B Quels paradigmes pour les nanosciences ?

De toute évidence, les nanosciences ne constituent pas une nouvelle théorie physique dont il s'agirait d'établir l'exactitude en invalidant les théories antérieures, ou qu'il s'agirait au contraire de falsifier en la confrontant à l'expérience. Elles sont plutôt un champ de recherche transversal où interviennent plusieurs disciplines déjà constituées : physique, chimie, science des matériaux, science des surfaces, électronique (et spintronique), biologie, informatique, *etc.* Ainsi l'unité présumée des nanosciences relève-t-elle davantage du mythe que de la réalité, même s'il paraît quelque peu réducteur de sectoriser trop rigide­ment entre nanophysique, nanochimie (qui est un joli pléon­asme au demeurant) et nanotechnologies comme l'ont proposé l'Académie des sciences et l'Académie des technologies en France¹⁰.

Plusieurs paradigmes ont été avancés pour caractériser la démarche scientifique censée prévaloir à l'échelle nanométrique. Les deux principaux sont les démarches *descendante* et *ascendante* (désignés en anglais comme modèles « *top-down* » et « *bottom-up* »).

Le premier paradigme, popularisé par les informaticiens des années 1970 et transposé aux nanotechnologies par E. Drexler¹¹, consiste à transférer à l'échelle de la « manipulation atome par atome » les méthodes de fabrication de l'ingénierie macroscopique. Le développement des nanotechnologies apparaît alors dans le prolongement des microtechnologies comme

¹⁰ Académie des sciences et Académie des technologies (2004), *Nanosciences, nanotechnologies*, Paris, Tec&Doc, Rapport Science et Technologie n°18.

¹¹ E. K. Drexler, *Engines of Creation*, 1986. Traduction française : *Engins de création. L'avènement des nanotechnologies*, Paris, Vuibert, 2005.

franchissement d'un seuil par les processus de miniaturisation. La conception et la fabrication à l'échelle nanométrique vise, par exemple, à produire une nouvelle génération de transistors. Ce paradigme correspond plutôt aux pratiques et aux représentations des physiciens. Sa vulgarisation use à outrance d'analogies techniques (nano-machine, -moteur, -usine, -robot, *etc.*) pour caractériser la fonction des nano-objets.

Le second paradigme a été développé en réaction par R. Smalley, prix Nobel de chimie en 1996. Il entend pointer les limites de la manipulation atome par atome (avec la métaphore des « gros doigts gluants ») et s'appuyer, au contraire, sur les capacités d'auto-assemblage moléculaire. Il s'agit de piloter artificiellement les processus d'individuation naturels pour obtenir des assemblages inédits (tel le fullerène) ou d'étudier les propriétés inconnues de corps étudiés jusque-là à des échelles supérieures. Les pratiques et les représentations correspondent davantage à celles de la chimie, mais appliquées à de toute petite quantité, voire à la molécule individuelle, et non à l'échelle molaire. Le livre important du chimiste britannique R. Jones prolonge la réflexion de R. Smalley¹². Les métaphores « naturalistes » y abondent, en raison du « biomimétisme » dont les chercheurs disent parfois s'inspirer.

Ces deux paradigmes sont relativement incompatibles et ne recouvrent pas la totalité des recherches entreprises. Qui plus est, leur fonction est exotérique, destinée à éclairer les non-scientifiques : ils ne guident pas vraiment les chercheurs comme serait censé le faire un paradigme normal au sens de Th. Kuhn.¹³ Les nanosciences échappent aux catégories de l'épistémologie et de la sociologie des sciences, réclamant un effort de définition *sui generis*. Le modèle d'une nanoscience élaborée *en amont* dont découleraient des applications nanotechnologiques *en aval* mérite en particulier d'être sérieusement révisé.

¹² R. Jones, *Soft machines: Nanotechnology and Life*, Oxford University Press, 2004.

¹³ Th. Kuhn, *La structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, 1999 (première édition 1962).

2C Des recherches au statut hybride

Les nanosciences sont un faisceau de connaissances (théories, modèles, savoir-faire), d'origines diverses, mobilisées dans un champ défini conventionnellement en fonction d'une échelle de distance. Celui-ci ne possède pas de consistance théorique propre : à sa limite inférieure les effets quantiques apparaissent ; à sa limite supérieure la physique classique domine. L'échelle du nanomètre constitue donc une interface théorique : des transferts conceptuels peuvent s'observer dans les deux sens. S'il n'est pas exclu que de nouvelles connaissances théoriques émergent des recherches entreprises, cela ne semble toutefois pas être leur objectif principal, car elles sont orientées surtout vers une finalité technologique.

Il arrive bien souvent que, dans les rapports officiels comme dans le grand public, le terme « nanotechnologies » renvoie aussi aux nanosciences. À l'inverse, les scientifiques privilégient une définition restrictive des *nanotechnologies* sans y inclure les aspects théoriques de la recherche. Ni la définition conventionnelle, en fonction de l'ordre de grandeur, ni le recours aux paradigmes ne leur permettent de préciser la *spécificité* de leurs recherches. Il paraît abusif de qualifier d'objet nanotechnologique un feu de bois qui produit de la suie (contenant des nanoparticules) ou de nanosciences les connaissances acquises sur la vitamine C. Les critères de démarcation pertinents font plutôt appel au rôle de l'instrumentation, qui permet l'observation et l'ingénierie directe des molécules ou des atomes. Ils font ensuite appel aux propriétés inédites des objets considérés à l'échelle nanométrique. Ils renvoient enfin à la production d'un type de connaissances particulier consistant non pas en des lois, mais en des comportements inconnus ou surprenants, dont les découvertes relèveront pour une grande part de ce que les anglo-saxons appellent la « sérendipité ».

Même si elles ont pour finalité principale de comprendre et de manipuler le comportement des objets plutôt que d'établir les lois d'une discipline, les nanosciences ne sont pas des recherches d'ordre exclusivement technologique. Elles visent par exemple à mieux comprendre certains

phénomènes fondamentaux tels que la décohérence quantique ou l'effet Hall fractionnaire. Si les théories préexistent, les modèles sont souvent originaux et innovants, car ils étudient le comportement d'objets individuels et des potentialités jusque-là inexploitées. Parce qu'elles étudient leurs objets sans toujours préjuger de leur utilité technologique (certains résultats étant dépourvus de la moindre application immédiate)¹⁴, les nanosciences ne doivent pas être réduites au statut, trop souvent dévalué, de « science appliquée »¹⁵. Reste que la frontière entre nanosciences et nanotechnologies étant à vrai dire assez arbitraire, on pourrait les qualifier ensemble de *recherches technologiques fondamentales à l'échelle nanométrique*.

2D Des frontières incertaines

Même en adoptant une définition opératoire, le champ des nanotechnologies demeure d'un périmètre incertain : les hybridations entre disciplines en complexifient les contours et les divisions. Les nanobiotechnologies constituent un sous-champ assez autonome qui focalise l'attention des médias et des décideurs politiques en raison des résonances affectives qu'entraîne l'estompement de la frontière entre matières inorganique, organique et organisée à l'échelle moléculaire (par exemple avec l'instrumentalisation de l'ADN), ainsi qu'en raison des applications (et des risques) anticipés dans le domaine de la santé. Là encore, il faut distinguer ce qui relève de l'innovation radicale de ce qui relève de la reconversion d'activités plus classiques : l'échelle nanométrique correspond par exemple aux études, menées depuis fort longtemps, de l'intérieur de la cellule (dont la taille est de quelques microns). Il convient aussi de rattacher aux nanosciences les recherches toxicologiques développées dans la perspective de la production industrielle et de la commercialisation de produits intégrant des nanoparticules : la propension de celles-ci à franchir les seuils biologiques,

¹⁴ On retrouve dans le procédé *Smartcut*, exploité par Soitec, un résultat de cette démarche : il utilise pour la découpe et le collage de matériaux en couches micrométriques des techniques qui avaient été développées sans but assigné au départ.

¹⁵ A. Nordmann, *Theories of NanoTechnoScience*, communication à *France-Stanford Conference on the Societal and Ethical Implications of NBIC-Convergence*, Avignon, décembre 2006.

notamment la barrière hémato-encéphalique, est source d'inquiétudes sérieuses quant aux conséquences d'une dissémination à grande échelle.

Enfin, il faut rappeler que c'est le développement des microscopes en champ proche (SNOM), microscope à effet tunnel (STM) ou à force atomique (AFM), et leur circulation à partir de la science des surfaces vers d'autres champs, qui ont permis la diffusion de l'imagerie « nano », dont le pouvoir expressif et persuasif fut de « faire voir les atomes », ce qui est *une vue de l'esprit* dans la mesure où l'infographie représente (à partir du traitement algorithmique de la mesure de différences de potentiel) un domaine inférieur à la longueur d'onde de la lumière, donc invisible en toute rigueur, et qui devrait être distingué du paradigme de la perception des « choses » ordinaires à notre échelle. Les progrès accomplis dans le domaine de l'infographie ont ainsi permis de rapprocher le « nanomonde » de nos intuitions familières, au risque de céder à l'anthropomorphisme en attribuant de jolies couleurs et des ombres aux atomes. Le prix Nobel attribué à G. Binnig et H. Roher (1986) pour la mise au point du microscope à effet tunnel a marqué un cap décisif dans la légitimation des recherches à l'échelle nanométrique. Les chercheurs travaillant sur les microscopes en champ proche se trouvent investis d'une fonction « métonymique » : leur production sert d'étendard aux « nanos », alors que souvent les recherches engagées n'emploient ni leur instrumentation ni leurs méthodes¹⁶.

II.3 Un nouvel horizon des politiques de recherche

Les nanosciences et les nanotechnologies sont présentées par la plupart des rapports officiels comme l'horizon des politiques de recherche actuelles. Prenant acte de ce processus, tout en l'alimentant, chaque agence gouvernementale souligne les efforts budgétaires consentis par les autres et encourage l'investissement public et privé. Les courbes de progression du nombre d'articles et du nombre de brevets déposés dans ce champ sont

¹⁶ D. Baird et A. Shew, *Probing the History of Scanning Tunneling Microscopy*, in: D. Baird, A. Nordmann et J. Schummer (éds.), *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, IOS Press, 2004.

scrutées avec attention et les spéculations vont bon train sur les retombées économiques que devrait générer un secteur aussi dynamique. L'une des idées directrices qui guident cette stratégie économique tient aux perspectives présumées de convergence des différentes disciplines.

3A Un label attractif

En 1997, une étude scientométrique¹⁷ a mesuré la diffusion du préfixe « nano » (autre que par des emplois non signifiants) au sein des titres et des résumés des articles scientifiques entre 1986 et 1996. Le résultat est impressionnant puisqu'on y constate une croissance exponentielle : le nombre d'articles usant du préfixe « nano » double tous les 19 mois. La diffusion s'opérant dans plusieurs disciplines à la fois, les chercheurs ont formulé l'hypothèse qu'on assisterait à l'émergence très rapide d'un champ interdisciplinaire de convergence entraînant une reconfiguration globale de la science.

3B Convergence ou voisinage ?

Le philosophe de la chimie J. Schummer observe toutefois que l'adoption du label « nano » par les chercheurs en ce qui regarde leur stratégie de publication ne signifie pas nécessairement un changement profond de leurs pratiques¹⁸. En outre, si le terme « nano » se propage dans toutes les disciplines, il est cependant prématuré d'en conclure que l'on assiste à l'émergence d'un nouveau champ *interdisciplinaire*. En effet, la vitesse fulgurante de propagation dans certaines disciplines, en chimie en particulier, ne peut s'expliquer par le seul développement de nouvelles recherches : elle signifie plutôt que de nombreux chercheurs se reconvertissent dans les nanos en adoptant tout simplement ce vocabulaire pour présenter les recherches qu'ils menaient déjà auparavant. La quasi-disparition de l'Angström comme

¹⁷ T. Braun, A. Schubert et S. Zsindely, Nanoscience and nanotechnology on the balance, *Scientometrics*, 28:2, 1997, pp. 321-324.

¹⁸ J. Schummer, Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology, *Scientometrics*, 59:3, 2004, pp. 425-465.

unité de longueur dans les titres et les résumés des articles n'est qu'une manifestation parmi d'autres de ce processus. En second lieu, si l'on mesure l'interdisciplinarité par le taux des articles co-signés par des chercheurs venus de disciplines différentes, les articles publiés par les principales revues scientifiques spécialisées dans les nanos ne se signalent pas par un taux spécialement élevé, au contraire même. Plutôt que d'une vaste convergence interdisciplinaire, il s'agit, pour le moment, avec le développement du label « nano », d'une reconversion massive des chercheurs dans un champ *multidisciplinaire*, c'est-à-dire où coexistent plusieurs disciplines.

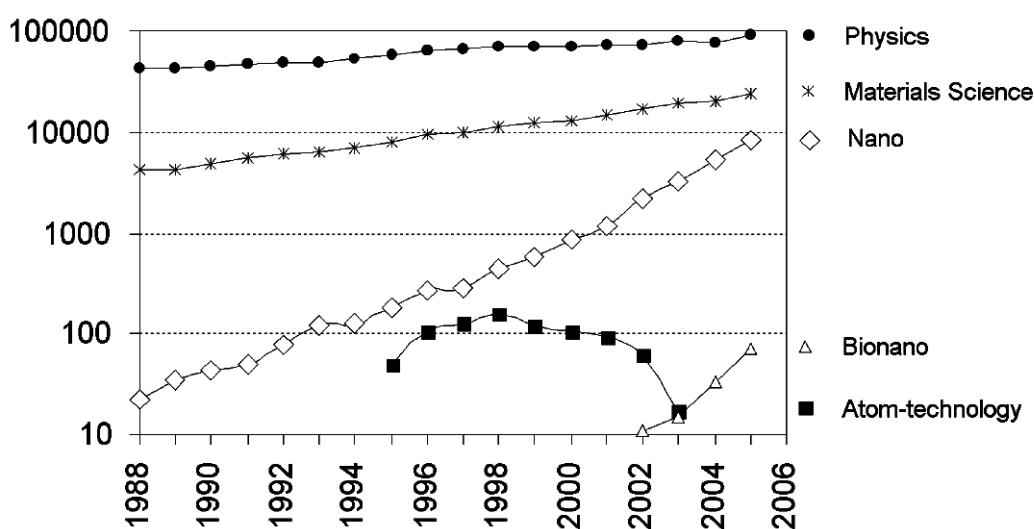
Toutefois, il ne faudrait pas minimiser les effets positifs du décroisement entre disciplines car il vient à point pour contrebalancer leur tendance à l'*hermétisme*¹⁹ et à l'isolement. La spécialisation croissante dans la division de travail scientifique a conduit parfois à des situations absurdes d'indifférence réciproque entre chercheurs, entravant l'émulation mutuelle et la circulation transdisciplinaire des idées. Le mérite de la définition conventionnelle des nanosciences et des nanotechnologies est que la notion d'ordre de grandeur est à la fois d'une grande universalité et assez souple pour permettre à chaque discipline de se l'approprier, ce qui suscite au moins de bonnes relations de voisinage, des échanges plus denses et plus fructueux.

¹⁹ V. Bontems, Encyclopédisme et crise de la culture, *Revue philosophique*, Paris, PUF, 131:3, 2006, pp. 30-49.

3C Un horizon des politiques de recherche

La vitesse de développement des institutions dédiées à l'étude des nanosciences et des nanotechnologies est impressionnante (voir le graphique²⁰). L'adoption si rapide du sigle « nano » tient à la distorsion induite par la stratégie d'investissement des États et des entreprises, aux priorités affirmées des politiques budgétaires, et aux récentes évolutions institutionnelles du champ scientifique. En investissant massivement dans les « nanos », les États-Unis, puis l'Europe et le Japon (où cela a entraîné la résorption complète du label « Atom technology ») ont promu les recherches rangées sous ce label au rang de priorité. Cette stratégie, davantage que les retours sur investissements observés, explique pourquoi les capitaux privés affluent sur ce terrain de compétition internationale en recherche et développement. De manière comparable à ce que fut la conquête de l'espace ou la recherche des composants ultime de la matière, l'échelle des « nanos » apparaît aujourd'hui comme l'horizon vers lequel il s'agit d'aller en priorité. Cet horizon fait naître de grands desseins de synergie entre les mondes de la recherche, de l'industrie et des services. C'est vers lui que se concentrent les moyens financiers et les efforts des chercheurs.

Sans les taxer d'opportunisme, il faut reconnaître que les chercheurs ne



²⁰ J. Schummer, The global institutionalization of nanotechnology research: A bibliometric approach to the assessment of science policy, *Scientometrics*, 70: 3, 2007, 675.

peuvent faire abstraction des logiques budgétaires qui s'exercent au travers des politiques scientifiques. Pour beaucoup d'entre eux, l'intégration au sein du label « nano » est devenue la condition *sine qua non* de l'obtention des crédits nécessaires à leurs recherches ; d'où la définition parodique qui est parfois donnée du terme nano : « Nano est un préfixe fabriqué et introduit dans les demandes de financement pour exploiter la générosité inhabituelle des fonds scientifiques à l'échelle nanométrique »²¹. Le développement d'une forme de « rhétorique nano » dans les demandes de budget est stimulé par la stratégie d'investissement massif des États et des entreprises. Cette rhétorique est également reprise à plus grande échelle : certains rapports font état d'une méta-convergence des nanotechnologies, biotechnologies, informatique et sciences cognitives (NBIC)²². Cette prétention à former un ensemble cohérent en cours d'homogénéisation paraît encore plus improbable que celle des nanotechnologies. Qui plus est, les synergies en cours entre biotechnologies, informatique et sciences cognitives ne reposent pas nécessairement sur leur mise en relation avec les nanotechnologies.

Plutôt que de convergence programmée, le processus de reconfiguration de la recherche semble davantage aller dans le sens d'un décloisonnement entre secteurs qui n'annule pas l'originalité d'un biologiste par rapport à un physicien, ni même la division du travail scientifique entre les chercheurs orientés vers l'expérimentation et ceux orientés vers la théorie ou la simulation.

3D La technoscience et l'esprit scientifique

Cette reconfiguration s'opère toutefois dans un contexte historique, qui accentue, au moins dans les apparences, la réorientation « technoscientifique » de la recherche. L'encouragement à faire breveter les découvertes ou à établir des passerelles avec l'industrie est un mouvement de fond, engagé depuis

²¹ Cité in: *NanoGeopolitics: ETC Group Surveys the Political Landscape*, 2005, http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/51.

²² M.C. Roco et W.S. Bainbridge, *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. National Science Foundation Report. Boston: Kluwer, 2001.

plusieurs années, qui répond aux contraintes de la compétition internationale. Même si l'importance des sommes engagées impose des exigences en matière de retour sur investissement, ces contraintes concernent la « *megabuck science* »²³ dans son ensemble. En ce qui regarde les nanotechnologies, les considérations quant à la rentabilité des investissements sont très clairement de l'ordre de l'anticipation. L'évaluation politique des recherches scientifiques reposant essentiellement sur les réponses aux deux questions « Combien ça coûte ? » et « À quoi ça sert ? », il est assez logique que l'inflation des promesses aille de pair avec celle des budgets. Selon la vision politique et industrielle, les nanotechnologies sont avant tout un projet de mise en valeur des résultats de la recherche technologique pour produire une nouvelle vague du développement économique.

Les nanosciences devraient-elles abandonner la vocation traditionnelle de la science à comprendre le monde pour adopter une autre mission, celle de créer des artefacts technologiques ? Les effets de l'instauration d'un régime de production strictement technoscientifique seraient à nuancer selon les échelles de temps considérées. Sur le court terme, même si les équilibres relatifs entre recherches appliquées et fondamentales semblent se modifier au détriment des secondes, une augmentation aussi considérable des crédits que celle des « nanos » ne peut entraîner qu'une augmentation du budget de la recherche fondamentale. À moyen terme, certains redoutent que l'échelle nanométrique ne tienne pas toutes ses promesses en termes de « révolution technologique » et qu'on assiste bientôt à l'éclatement d'une bulle spéculative²⁴. Il est vrai que les scientifiques ont sans doute intérêt à ne pas trop exacerber les attentes des investisseurs aussi bien que du public, sous peine de risquer de les décevoir. Mais, au moins en Europe, ce sont rarement eux qui nourrissent les rêves technologiques les plus utopiques.

²³ Littéralement « la science à gros biftons », expression imagée forgée en 1953 par N. Wiener pour désigner le régime de production des connaissances mis en place après la Seconde guerre mondiale et réclamant un investissement massif de capitaux. Voir in: N. Wiener, *Invention: The Care and the Feeding of Ideas*, Boston, MIT Press, 1993.

²⁴ J. Schummer, "Societal and Ethical Implications of Nanotechnology": Meanings, Interests Groups, and Social Dynamics, *Techné*, 8:2, 2004, pp. 56-87.

II.4 Une technologie rapidement devenue un enjeu de société

En toute rigueur, la « technologie » désigne un ensemble de techniques parvenues à un certain stade de développement et accompagnées d'un discours qui les insère dans l'élément social et culturel. Cette singularité de la langue française par rapport à l'anglais (où « technique » est tombé en désuétude) est heureuse, car les nanotechnologies furent dès leur origine une construction de ce type : que ce soient les images comme « *The Beginning* » d'Eisler (où le sigle IBM était écrit avec 35 atomes de xénon sur une surface de nickel), le discours futurologique de Drexler sur les « assembleurs universels », les angoisses du prince Charles quant aux risques de « gelée grise », les visions utopiques du discours fondateur du président Clinton et les cauchemars propagés par des romans de science-fiction (*L'âge de Diamant* de N. Stephenson et *La Proie* de M. Crichton), ou les promesses d'immortalité des transhumanistes, rarement une perspective de progrès technique n'aura été autant entourée de fantasmes et de fictions, aussi imprégnée de *hype*.

4A La structure du champ médiatique aux États-Unis

Si la littérature qui circule à l'intérieur du champ scientifique est surtout technique, traite des recherches en cours et des applications déjà obtenues, les discours qui circulent à l'extérieur du champ sont en majorité de nature futurologique. Ils spéculent sur des objets qui n'ont parfois pas l'ombre d'une chance d'exister un jour. J. Schummer²⁵ a identifié les différents groupes sociaux qui participent (aux États-Unis) à l'inflation communicationnelle autour des nanotechnologies : les auteurs de science-fiction prennent prétexte des « nanos » pour raconter de bonnes histoires sans prétendre les présenter de manière réaliste ; parmi les scientifiques, ceux qui font entendre le plus leur voix sont les toxicologues qui avertissent des risques et défendent du même coup la nécessité d'augmenter leurs budgets, et les informaticiens qui recyclent le discours futuriste qu'ils tenaient autrefois sur l'intelligence artificielle, alors que les chercheurs concernés en priorité (chimistes,

²⁵ J. Schummer, *op.cit.*

physiciens et biologistes) ne s'expriment guère ; les décideurs politiques justifient, au nom des « nanos », leurs orientations des politiques de recherche en vue de maximiser la compétitivité ; le monde des affaires évalue les chances de profit pour l'investissement privé mais aussi les risques d'éclatement de la bulle spéculative qui s'est formée autour des nanotechnologies ; les transhumanistes rêvent de « changer la vie » en libérant l'homme des limitations naturelles de son corps ; les chercheurs en sciences sociales tentent de comprendre les dynamiques en cours et défendent la nécessité de les financer pour anticiper les impacts sociaux ; enfin, les médias amplifient surtout deux des précédents discours, celui des toxicologues et celui des investisseurs, car ils entendent informer le grand public du conflit pressenti entre les intérêts du développement économique et ceux de la sécurité sanitaire et écologique.

4B La stratégie de communication en Europe

On retrouve l'ensemble de ces acteurs dans le contexte européen, à l'exception des transhumanistes dont le discours est beaucoup moins recevable par la société qu'aux États-Unis, et une configuration similaire en ce qui concerne les médias. Cette situation tend à réduire la réflexion sur les conséquences éthiques et sociales à une simple évaluation des risques toxicologiques et des perspectives économiques. *Or il y a un réel danger à limiter ainsi l'évaluation rationnelle en rejetant l'ensemble des autres discours dans la catégorie des fictions à démystifier. Si le discours des scientifiques se limite à un discours scientifique, il laisse le champ libre aux symboles anxiogènes.*

La communication scientifique en direction de la société devra générer des images et des discours véhiculant une charge émotionnelle ; elle visera à développer la participation affective des non-scientifiques à la science. Pour l'instant, la communauté scientifique semble tenir deux discours à la fois. D'un côté, elle s'adresse aux citoyens comme une figure d'autorité à des mineurs en leur disant : « Nous nous occupons de tout, ayez confiance ». De

l'autre, elle s'adresse aux consommateurs et aux contribuables comme à des pourvoyeurs de fonds qu'il s'agirait de séduire et même d'enthousiasmer : « Ce que nous faisons va produire des résultats fabuleux, donnez-nous vos sous ». En même temps, la revendication d'une relation différente entre scientifiques et simples citoyens s'est fait jour, qui soit plus équilibrée et davantage orientée vers l'échange d'information et de points de vue. Cette légitime aspiration est toutefois annexée par des groupes et des associations qui s'autoproclament représentants de la société face à la science, et adoptent volontiers une attitude rebelle vis-à-vis de l'institution scientifique²⁶. Au niveau européen comme à l'échelle locale, les autorités scientifiques ont tenté de répondre à la revendication « citoyenne » de participer à l'évaluation des politiques de recherche en soutenant de nombreux projets de dialogue et de concertation.

4C Le « halo » des nanos : les effets de diffusion

Pour que les scientifiques et les institutions soient en mesure de s'orienter dans ces débats et de communiquer efficacement, il leur faut prendre conscience que les produits issus des nanotechnologies ne sont pas uniquement évalués par la société en fonction des critères techniques et des valeurs scientifiques reconnus au sein du champ scientifique. Le plus souvent, ce sont des considérations économiques ou utilitaires qui dominent les jugements portés sur les objets techniques. Leur insertion dans la culture, via les mécanismes du marché, relativise l'évaluation technique en lui substituant l'évaluation marchande : des artefacts qui ne trouvent pas acquéreurs sont dévalorisés au point d'être condamnés à la casse sans égard pour le travail humain cristallisé en eux. Sans doute la qualité de ce travail n'est-elle pas sans rapport avec leur devenir sur le marché, mais c'est avant tout les « halos

²⁶ L'exemple le plus connu est le groupe d'opposants à Minatoc (CEA, Grenoble) « Pièces et Mains d'œuvre » (<http://pmo.erreur404.org/>)

psychosociaux »²⁷ qui déterminent l'aventure sociale des objets techniques. Tous les objets techniques circulant dans la société sont, en effet, comme entourés d'un halo psychosocial, c'est-à-dire d'un complexe d'opinions et de motivations qui en redéfinit l'identité en fonction des résonances qu'il fait naître au sein de la culture. Les objets techniques souffrant d'une sorte de complexe d'infériorité par rapport aux autres productions culturelles, ils sont souvent obligés de dissimuler leur nature ou de la déguiser sous des airs de fausse magie.

Pour améliorer les conditions de leur mise sur le marché, une stratégie promotionnelle évidente pour accroître la désirabilité de ces objets consiste à amplifier leur halo psychosocial en lui associant diverses images attractives et stimulantes (richesse, réussite sociale, jeunesse, *etc.*) sans rapport direct avec son fonctionnement, et en tenant des discours ultrapositif à leur sujet. L'effet obtenu est une intensification de leur visibilité, de leur brillance, analogue à un *effet de diffusion* qui accroîtrait la taille apparente de l'objet. Ce halo de diffusion atteint sans doute ses fins au cas par cas, mais il risque aussi de faire naître une saturation : à force de faire briller chacun des objets, on est ébloui par l'ensemble et l'on ne parvient plus à les distinguer dans leur singularité. C'est ce qui arrive dans le cas des « nanos » : tout ce qui est nano est considéré comme éminemment moderne et d'une valeur supérieure à ce qui ne l'est pas²⁸, mais chaque réalisation se trouve du même coup noyée dans l'ensemble, condamnée à assumer en bloc toutes les associations affectives du halo, si bien que plus personne ne s'y retrouve.

Ce qui vaut pour les objets techniques mis sur le marché vaut également, dans une certaine mesure, pour les programmes de recherche, qui ont aussi besoin de « se vendre » : actuellement, tout ce qui est « nanos » est réputé plus moderne, plus puissant, fantastique (repoussant les limites du réel). Le risque d'une telle association est de noyer l'identité technique de chaque réalisation

²⁷ G. Simondon, *L'effet de halo en matière technique : vers une stratégie de la publicité*, *Cahiers de l'Institut des Sciences économiques appliquées*, 1960. Repris dans les *Cahiers philosophiques*, n°42, mars 1990.

²⁸ Par exemple le « iPod nano » ou les cigarettes « Kent Nanotek ».

et, surtout, de devoir assumer en bloc l'ensemble des composantes du halo. Or, celui-ci est aussi contaminé par des images jugées très inquiétantes : les « nanos » sont réputées indétectables, toxiques, capables de s'auto-reproduire, etc. Dans ces conditions, il faut s'interroger sur les conséquences de la seule stratégie de diffusion du halo des nanos.

4D Le « halo » des nanos : les effets de dispersion

Car il y aurait d'autres possibilités d'amplification du halo psychosocial associé aux nanotechnologies qui ne présentent pas les inconvénients de la confusion des objets et de l'aveuglement du public. Il s'agit de s'appuyer sur la solidarité des objets techniques pour faire naître des résonances affectives entre eux. De cette manière, ce sont les ressemblances techniques elles-mêmes qui déterminent les associations entre halos, et l'on peut comparer ces résonances à des interférences constructives, à un *effet de dispersion*.

Pour être viable, la dispersion doit reposer sur la propension des objets techniques à faire système. Cela suppose que l'on valorise en premier lieu les résultats de la recherche en tant que fruits de l'intelligence et du savoir-faire, avant d'en exalter les retombées économiques et industrielles. Il faut aussi éclairer la valeur des programmes de recherche à l'aune d'une « écologie » rationnelle : les technologies les plus précieuses pour notre temps seront celles qui amélioreront le rapport de l'homme à son environnement (naturel et social, mais aussi artificiel). Cela autorise qu'on reprenne le flambeau des Lumières au moins sur un point : les déséquilibres provoqués dans le monde par l'activité humaine amplifiée par la technique ne se peuvent corriger que par un surcroît de connaissances et de nouveaux progrès des technologies. Il convient de chercher à établir des résonances entre les diverses technologies permettant le développement de nouvelles formes de production et de stockage d'énergie ou des progrès de l'écologie urbaine. Ces résonances renvoient ainsi à l'idée d'une « rédemption » de la technique par elle-même, dans la mesure où ces nouveaux produits permettront d'économiser l'énergie

et de moins gaspiller les ressources naturelles. On met ainsi en place, au sein des programmes de recherche, une valorisation mutuelle, et donc cumulative.

Au lieu de présenter les nanotechnologies comme un ensemble homogène et indistinct, il s'agit au contraire d'établir un spectre de résonances sociales et culturelles mieux maîtrisées entre les halos de certains types de produits compatibles ou comparables. De cette façon, il est possible de générer des critères de fiabilité et d'excellence dans certaines lignées, ou dans certaines gammes, qui permettent au citoyen d'être rassuré et au consommateur de s'orienter. En s'appuyant sur les compatibilités techniques, la communication fondée sur l'effet de dispersion des halos met en place une adhésion cumulative. Elle réhabilite en outre la notion même de communication scientifique en se démarquant de la pure « mercatique ».

II.5 Éthique et expérience

Considérées dans leur complexité au niveau de la recherche scientifique, des politiques de recherche, et des relations entre science et société, les nanosciences et les nanotechnologies représentent une nouveauté qui n'est pas purement scientifique. Cela tient à ce qu'elles représentent une innovation non seulement scientifique et technologique, mais aussi politique et sociale. Elles ne méritent donc pas d'être réduites aux schémas préconçus. Pour autant, les nanosciences ne présentent pas l'ensemble des traits distinctifs que l'on attendrait d'un « programme métaphysique de recherche » unifié et radicalement neuf. En particulier, il serait abusif de leur assigner comme finalité de transformer le monde ou la vie dans un sens fixé à l'avance. *Car il ne s'agit pas tant de mettre en musique un programme préétabli que de donner sens à une expérience en cours dont on ne connaît pas encore les résultats, et d'en éclairer l'incertitude même.*

D'un point de vue épistémologique, le sens opératoire des termes « nanosciences » et « nanotechnologies » n'est véritablement consistant que lorsqu'ils sont engagés dans un domaine d'application, lorsque leur définition se trouve précisée par les relations qui se nouent avec les concepts, les

théories et les pratiques de ce domaine. L'ordre de grandeur nanométrique apparaît, certes, quelque peu arbitraire mais il permet de mettre en avant les recherches de pointe qui sont menées par les physiciens, les chimistes, les biologistes, les médecins et les informaticiens, notamment dans le domaine des systèmes complexes. Il correspond également à l'« interface » entre les effets quantiques et classiques, là où la distinction s'efface entre le vivant, l'inerte et l'artificiel.

Plutôt qu'une révolution scientifique, qui modifierait la structure du champ à travers la transformation de ses normes d'évaluation, les processus d'investissements massifs dans les domaines rattachés aux nanotechnologies ont engendré une réorientation des trajectoires de recherche et des parcours individuels des chercheurs, notamment des plus jeunes. Ils préparent une restructuration du monde de la recherche et la mise en place de circuits plus transversaux. Pour l'instant, les crédits injectés ont surtout réintroduit une certaine métastabilité dans l'institution, sans que l'on puisse prévoir si cette phase transitoire débouchera sur une convergence globale ou sur d'autres reconfigurations transdisciplinaires.

Dans le champ scientifique comme à l'extérieur, les nanotechnologies constituent le germe d'une cristallisation symbolique : les résonances sociales et culturelles sont amplifiées par l'emploi du préfixe « nano ». Celui-ci provoque une intensification de l'attention prêtée aux recherches scientifiques et une forme de polarisation affective autour d'elles. La nécessité d'un éclairage éthique se fait sentir pour contrôler ces émotions collectives. Il doit prendre en compte le fait que les produits issus des nanotechnologies ne sont pas des réalités techniques neutres dont seuls les usages seraient justiciables d'un jugement éthique. Ils véhiculent eux-mêmes des valeurs, à la fois en tant que réalisations techniques et en tant qu'objets chargés de résonances psychosociales. Dans ce contexte, accroître la désirabilité des « nanos » ou bien lever les obstacles à leur acceptabilité ne doivent pas être des objectifs inconditionnels, mais ils pourraient devenir des objectifs légitimes si la société se reconnaissait en ces valeurs.

La légitimité éthique du projet nanotechnologique porté par le CEA dépendra donc de la cohérence qui sera assurée entre les caractéristiques techniques des objets, les dynamiques multidisciplinaires qui en rendent possible l'élaboration, et les résonances psychosociales de leurs halos.

III DANS QUEL CONTEXTE SOCIÉTAL LES NANOSCIENCES APPARAISSENT-ELLES ?

Avant de cerner les implications éthiques des nanosciences, il convient d'analyser le contexte au sein duquel elles apparaissent : quels liens la science entretient-elle aujourd'hui avec la société ? Précisons d'emblée que nous n'allons pas développer ici nos points de vue personnels sur cette question, mais tenter d'analyser « l'air du temps » et l'état de l'opinion tels qu'ils sont présentés par les médias et divers commentateurs.

Un fait est manifeste : la plupart des observateurs s'accordent à dire que les « relations science-société », ainsi qu'on les appelle désormais, sont en pleine phase de reconfiguration. Leur évolution rapide prend à l'occasion des allures de crise, et s'accompagne d'un certain nombre de « symptômes » relativement faciles à identifier.

III.1 La montée des peurs et la crise de l'idée d'avenir

En premier lieu, notre société semble en proie à une nouvelle passion : la peur (en particulier celle de la catastrophe). La science et la technologie interviennent à l'évidence dans cette peur, même si ce n'est que pour partie seulement. OGM, clonage, vache folle, sang contaminé, on se demande si ce qui découle de la science ne porterait pas la menace comme la nuée l'orage.

Sans doute la question du nucléaire a-t-elle ouvert la voie à ces nouvelles peurs, car elle mêlait l'idée d'une révolution scientifique majeure et d'une ressource énergétique considérable au spectre d'une formidable puissance de destruction. Depuis, les controverses autour des effets de la science se sont intensifiées : pour l'inconscient collectif, tout se passe désormais comme si les progrès des savoirs ou de la puissance technique devaient systématiquement se payer de risques accrus, d'ordre sanitaire, environnemental, militaire ou encore symbolique, qui alimentent tour à tour l'inquiétude et la défiance.

Pour apprécier la nouveauté et l'ampleur du phénomène, il suffit de mesurer la distance qui nous sépare de l'époque où apparut l'idée de progrès. Francis Bacon conféra à ce mot son sens mélioratif au moment où la plupart de ses contemporains étaient persuadés de vivre une époque de déclin (culturel et démographique). L'idée d'une accumulation des savoirs et des techniques se développe au XVII^e siècle, notamment à travers les réflexions de Pascal et Leibniz. Mais c'est au siècle des Lumières que s'impose l'idée que les sciences et leurs applications vont nous sauver des tyrannies de la matière brute. Cette croyance au progrès s'affirme en vertu du postulat selon lequel l'accumulation des connaissances scientifiques ne peut qu'augmenter le nombre des réalisations techniques et industrielles, lesquelles ne peuvent, à leur tour, que déboucher sur une amélioration générale de la condition humaine.

Toutefois, dès cette époque, certains philosophes, tel Rousseau, soulignent que le progrès des sciences et des arts n'entraîne nullement celui des bonnes mœurs et que de nouvelles tentations, et donc de nouvelles responsabilités éthiques, émergent en même temps qu'augmentent notre savoir et notre pouvoir d'agir. La valeur de l'idée de progrès se manifeste alors par sa résistance à cette crise de confiance : ce sont de nouveaux progrès des sciences et des techniques qui permettront de corriger les déséquilibres qu'induisent leurs premiers développements. Cette doctrine progressiste faisait ainsi de l'avenir le refuge de l'espoir.

Aujourd'hui, nouvel air du temps. Le futur nous inquiète : nous sommes assaillis par toutes sortes de craintes quant à notre avenir. Pire, nous éprouvons un remords anticipateur à l'égard de ce qui pourrait s'y produire. Car nous sentons de façon quasi-instinctive que notre maîtrise des choses est à la fois démesurée et incomplète : elle est suffisante pour que nous ayons conscience de faire l'histoire, mais insuffisante pour que nous sachions quelle histoire nous sommes effectivement en train de faire. Qu'est-ce qui se construit ? Qu'est-ce qui se détruit ? Vers quoi nous dirigeons-nous ? Personne ne le sait vraiment.

Nous redoutons d'autant plus l'avenir que les ressorts de la prédiction semblent s'être cassés. Le temps de la société « solide », sur laquelle on pouvait appuyer une certaine vision du futur, est passé. Nous voici désormais dans celui de la modernité « liquide » : nouveaux rapports au temps, à l'espace, au corps, à la territorialité, à l'information. La fluidité générale fait des existences autant de trajectoires sinon aléatoires, du moins imprévisibles. Labilité, écarts, déplacements, chocs, ruptures sont à tout moment susceptibles de saper les socles, piliers et autres soutiens sur lesquels nous nous appuyions. Est-ce seulement parce que nous ne comprenons pas ce qui nous arrive ? Non. Il nous paraît surtout que, sur ces bouleversements qui se succèdent à un rythme effréné, nous n'avons plus prise. À la racine de l'inquiétude contemporaine existe le sentiment d'être non point seulement « embarqués », mais « emportés » à une vitesse telle qu'il est difficile d'imaginer pouvoir changer de cap. Ni les politiques, ni les intellectuels ne paraissent plus en mesure d'identifier clairement l'orientation de ces changements. Ni, *a fortiori*, d'en circonscrire la portée.

L'inquiétude qui nous assiège se nourrit donc principalement de notre sentiment d'impuissance. Comme le flot d'une rivière en crue, la fuite en avant de l'économie et de la technoscience mine nos anciens repères. Elle nous arrache des mains les instruments grâce auxquels nous parvenions, vaille que vaille, à piloter notre histoire.

III.2 Le brouillage entre technique et éthique

Nous ne sommes plus aujourd'hui devant la technique comme devant des outils mis à notre disposition, inactifs lorsqu'on ne s'en sert pas, mais nous sommes plongés au sein même de la technologie. Nous nous trouvons dans un système qui invite à des conduites adaptées, qui nous dispose à des manières de faire, et promeut les valeurs qui sont les siennes : efficacité, rapidité, performance. La technologie moderne, en émiettant les tâches et en standardisant les protocoles, éloigne notre capacité d'initiative et la visibilité de ses conséquences, de telle sorte que ses effets sociaux et environnementaux

ont pris le visage de la nécessité (« on n’y peut rien ») ou d’un nouveau destin. En cela, notre situation diffère de celle des penseurs des Lumières : à leur époque, le progrès des techniques se manifestait justement à l’échelle de l’homme par une amélioration graduelle de l’efficacité des outils et des instruments. De nos jours, comme cela a déjà été en partie le cas au XIX^e siècle, le progrès se détache de notre échelle d’action pour se déployer d’une part au niveau supérieur de la réorganisation des réseaux technologiques, et d’autre part au niveau inférieur du perfectionnement des composants élémentaires.

À cela s’ajoute le fait que le rapport technologique à la nature est médiatisé par tant de multiples intermédiaires et tellement « causalement dispersé » que nous ne savons littéralement pas ce que nous faisons, puisque nous ne le sentons pas : qui ressent directement le lien de cause à effet entre l’usage de son automobile, l’émission de gaz à effet de serre et les dérèglements climatiques ? Alors même que nous prenons conscience de ce que les conséquences de l’activité humaine portent désormais à l’échelle de la planète, que le développement de notre système technologique est couplé à un système naturel qui ne peut plus les compenser à lui seul, nous nous sentons dépossédés de nos moyens d’action à l’échelle individuelle. De là, la crainte immense d’entrer dans une ère d’irréversibilité où nous ne pourrions plus corriger ce que nous aurons provoqué.

Avec l’outil, l’effet d’un geste est dans une temporalité et une spatialité ayant l’individu pour échelle. Avec la technologie moderne, les effets sont à l’échelle spatiale de la planète et à l’échelle temporelle de la vitesse de propagation de l’information dans le monde d’aujourd’hui. Mais le principal effet du système technique est de venir brouiller le rapport entre technique et éthique. La technologie produisant ses propres valeurs, le développement technique risque d’être confondu avec un progrès en soi, comme si *pouvoir faire plus* était mécaniquement et nécessairement *faire mieux*.

Pour autant, la technologie saurait-elle représenter l’unique horizon du progrès humain ? La réalisation purement technique du progrès humain

suppose des techniques de transformation de l'homme lui-même (ce qui est le cas de nos jours) mais ne garantit nullement un progrès collectif de l'humanité²⁹. Le critère du progrès doit être le degré d'autonomie dont les hommes disposent au sein du système qu'ils forment avec leur environnement technologique.

III.3 L'hypersensibilité aux risques

La société moderne a accédé à un niveau de sécurité inédit dans l'histoire. Elle se reconnaît pourtant comme « la société du risque », pour reprendre l'expression d'Ulrich Beck³⁰. Revers de la médaille, tout est désormais perçu, analysé et pensé sous l'angle de la menace : chaque fois qu'une innovation s'annonce, d'aucuns s'empressent de dresser la liste des dangers potentiels que cette innovation pourrait induire.

Selon certains commentateurs, notre pensée serait même orientée par l'idée de la catastrophe future, comme elle le fut jadis par celle de révolution. Il ne se passe pas un jour sans que l'on n'entende dire que le monde est au bord du volcan et menace de tomber dans la lave bouillonnante. Mais il reste aussi beaucoup de gens qui, sans nier l'existence des problèmes qui se posent, se défendent de toute inquiétude profonde et espèrent des solutions locales qui n'ébranleront ni leur mode de vie, ni leur valeurs fondamentales. Pourquoi, demandent-ils, ne pas demeurer confiants ?

Tout cela se discute, certes, mais sans que l'on n'aboutisse jamais à une conclusion ferme. Alors, au gré de son humeur et de la tonalité de l'actualité, chacun d'entre nous place quotidiennement son curseur personnel quelque part entre deux positions extrêmes. La première, la plus pessimiste, consiste à imaginer qu'aucune réflexion, aucune information n'aura d'impact suffisant sur les comportements. Nous trouverons toujours le moyen d'inventer des ruses pour ne pas croire ce que nous savons, de sorte que jamais l'*Homo sapiens* n'acquerra la sagesse dont il se rengorge : même avertis, éclairés,

²⁹ Cf. G. Simondon, Les limites du progrès humain, in : G. Châtelet (éd.), *G. Simondon, Une pensée de l'individuation et de la technique*, Albin Michel, Paris, 1994, p. 272.

³⁰ U. Beck, *La société du risque : Sur la voie d'une autre modernité*, Flammarion, 1986.

sermonnés, nous continuerons de saccager les ultimes ressources naturelles, provoquant des bouleversements irréversibles de l'environnement. En ce cas, notre avenir s'annonce aussi bouché que celui des dinosaures : dans trois ou quatre milliers d'années, peut-être moins, il n'y aura plus personne pour s'interroger et « l'affaire homme », comme écrivait Romain Gary, sera définitivement « close ».

Mais les plus optimistes supposent au contraire que tout continuera, tant bien que mal, malgré quelques perturbations, mutations et adaptations prévisibles. L'humanité s'en sortira, comme elle l'a toujours fait. Elle trouvera les moyens de survivre à la maladresse et à l'aveuglement de ses efforts pour dominer la planète.

Le fait le plus étonnant est qu'en dépit de leur ampleur inédite, les nouvelles incertitudes concernant l'avenir de la planète n'induisent nulle prudence dans nos jugements, nulle modestie dans nos propos. Nous avons beau ignorer ce qui va arriver, nous prétendons toujours avoir une vision claire de ce qu'il y a à faire. La multiplication des risques fait naître chez nous des engagements sans nuances : d'un côté ceux qui pensent qu'une nouvelle technique est sûre tant qu'on n'a pas démontré qu'elle pouvait être dangereuse ; de l'autre ceux pour qui aucune innovation n'est inoffensive tant qu'on n'a pas réussi à prouver qu'elle est sans danger... *La polarisation affective des objets techniques s'intensifie alors que la technologie devient de plus en plus opaque pour le commun des mortels.*

Le résultat des interrogations et des paradoxes que nous venons d'évoquer est que notre époque se situe aux antipodes de l'optimisme des Lumières : nous ne percevons plus systématiquement les avancées de la science et de la technique comme des facteurs de progrès. Ou, pour mieux dire, nous nous inquiétons de savoir si nous devenons véritablement plus libres et plus heureux par la multiplication des performances techniques. D'où notre méfiance accrue vis-à-vis des détenteurs du savoir, soupçonnés

d'accroître les périls, et peut-être même d'œuvrer en sourdine à l'aliénation collective.

De tels soupçons se trouvent démultipliés par le fait que nous sommes devenus hypersensibles aux risques. Tout ce qui peut mettre en danger nos existences nous terrorise, d'autant plus que le désir d'ignorer les signes de la finitude nous taraude plus que jamais. Du coup, l'angoisse d'une mort que nous feignons de croire évitable se décline désormais en une infinité de peurs nouvelles. Elle se redistribue. Cela s'explique pour partie : dans les pays industriels, l'accroissement exceptionnel – depuis un siècle – de l'espérance de vie et l'accès du plus grand nombre à un certain confort matériel font que, pour la première fois dans l'histoire, chacun peut considérer son existence comme une sorte de capital acquis, d'une durée à peu près assurée. Aujourd'hui, perdre la vie ou la santé, c'est donc perdre beaucoup, en tout cas beaucoup plus qu'autrefois. D'autant que, dans le même temps, l'espérance religieuse en l'au-delà s'est estompée, ce qui rend la vie qui est là, la vie présente, encore plus précieuse.

III.4 L'ambivalence de notre rapport au progrès

Ni l'image ni le regard des scientifiques ne sont sortis indemnes de ces évolutions. Les chercheurs se sentent tantôt admirés, tantôt craints, le plus souvent incompris. Ils s'étonnent que l'« esprit scientifique » demeure si minoritaire, même dans les pays industrialisés où les réalisations technologiques sont omniprésentes. Ils redoutent que l'homme du XXI^e siècle qui a perdu la curiosité et le sens critique, qui croit que les objets technologiques dont il jouit sont les fruits spontanés d'un arbre de cocagne, qui presse chaque jour des dizaines de boutons sans s'interroger sur les mécanismes qu'il déclenche ainsi, devienne perméable à toutes sortes de croyances véhiculées par des gourous. Quant au public, il se trouve ballotté, lui aussi, entre l'engouement et la méfiance : par certains côtés, la science le fascine, par d'autres elle l'effraie, mais sans que cela le dissuade de se ruer sur

le dernier gadget gorgé de haute technologie que cette même science a rendu possible.

Ainsi en sommes-nous venus, au fil d'une insidieuse progression, à mettre en doute les idéaux qui, deux siècles plus tôt, nous semblaient fondateurs de la civilisation. S'agit-il d'un reniement coupable ? C'est ce que croient les scientifiques. S'agit-il d'une passagère bouderie d'enfants gâtés ? C'est ce que pensent ceux qui ne bénéficient pas de notre niveau de développement. S'agit-il d'un salutaire sursaut de lucidité ? C'est ce que disent les écologistes, bien sûr, mais pas seulement eux : n'oublions pas que l'engouement pour la notion de développement durable est né du constat objectif que notre développement actuel n'est pas universalisable, qu'il n'est ni durable dans le temps, ni extrapolable dans l'espace.

En quelques décennies, la notion de progrès s'est donc problématisée. Alors même que la réalité des avancées accomplies en quelques siècles est indéniable, nous demandons au progrès de nous fournir des preuves de sa valeur ou de sa validité. En somme, nous nous demandons si le progrès fait réellement des progrès. Serions-nous devenus aveugles ? Non, nous voyons bien que l'époque présente est à la production éclatante, aux innovations tous azimuts : qu'il s'agisse d'opérer sur les corps, les maladies et la santé, la durée de la vie, les humeurs, les pensées et les croyances, la reproduction, ce que nous pouvons faire est sans commune mesure avec tout ce que l'humanité d'antan avait pu imaginer dans ses rêves les plus utopiques. Mais elle nous semble toujours emplie de carence. En particulier, contrairement à ce que nous avons espéré, la science n'a pas fait taire le malheur, ni le saccage inutile des potentiels humains ou naturels. Un sentiment de manque est donc là, qui persiste, qui corrode notre humeur. Qu'est-ce à dire ? Qu'il faudrait abandonner l'idée de progrès ? À cette seule éventualité, nous sommes pris de vertige et angoissés plus encore. Car nous ne sommes pas des « Tarzans » : lorsque nous rêvons de retourner à la nature originelle, c'est à la condition express de pouvoir emporter un GPS, des vêtements en textiles synthétiques,

une carte de crédit, deux ou trois anxiolytiques, un téléphone portable et un sac à dos d'antibiotiques.

Ainsi se montre le paradoxe de notre rapport au progrès : nous prétendons ne plus y croire, mais en réalité nous tenons encore à lui farouchement, même si ce n'est plus que de façon négative, c'est-à-dire à proportion de l'effroi que nous inspire l'idée qu'il puisse s'interrompre.

Ce vertige, nous le devons en particulier aux multiples ruptures d'échelles qui se sont produites depuis le temps des Lumières. Le progrès technologique se déploie désormais à une échelle qui dépasse à la fois les limites de l'action individuelle, mais aussi les frontières de toutes les communautés culturelles. Le scientifique engagé dans la recherche sur les nanotechnologies se trouve donc mis en demeure d'assumer une tâche difficile, pour laquelle il a besoin d'aide : rétablir la cohérence des échelles, éclairer les relations qui peuvent assurer l'intelligibilité et la maîtrise de notre action sur le monde. D'une certaine façon, il pourrait s'identifier spirituellement aux anciens alchimistes qui ne concevaient l'exploration des propriétés du microcosme que dans la recherche d'un accord avec le macrocosme : *si nous voulons que leur soit accordée une valeur de progrès, les produits du nanomonde devront, d'une manière ou d'une autre, contribuer à corriger certains déséquilibres de notre monde, par exemple ceux de l'écosystème.*

Mais, au contraire des alchimistes, les scientifiques de notre temps ne peuvent se permettre le luxe de l'hermétisme : ils doivent communiquer avec l'ensemble de la société et, pour cela, forger les mythes et mobiliser les symboles qui donnent sens à leur travail.

III.5 Science et démocratie

Dans nos sociétés, dès qu'il est question de science ou de technologie, on sent poindre l'exigence d'une prise de responsabilité collective, même si ses modalités restent difficiles à entrevoir. Le citoyen s'interroge : qu'est-ce qui, de la science, me regarde ? Qu'est-ce qui, dans la science, est discutable ? Qu'est-ce qui, de la technique, peut être transformé en « bien public » ? Et

surtout, par où passe la frontière entre ce qui relève de l'expertise savante, ce qui réclame une discussion générale et ce qui revient à la décision politique ?

Si chacun de nous était capable de se faire un jugement éclairé sur les grands enjeux scientifiques et technologiques du moment, les réponses à ces questions surgiraient de façon limpide. Mais nous n'y sommes pas. Dès lors, que faire ? Comment inciter ceux qui ne connaissent pas la science à vouloir la connaître ? Comment convertir le *droit de savoir*, légitime mais gratuit en termes d'effort, en un *désir de connaître* ? Et comment inciter les moins intéressés d'entre nous à se tourner vers les scientifiques pour les questionner : « Que faites-vous au juste ? Que savez-vous exactement ? En quoi ce que vous proposez est-il pertinent pour nous ? » Réciproquement, comment obliger les experts à ne plus s'en tenir à leurs seules propres raisons et à écouter celles des autres ? Comment s'organiser pour construire un « monde commun » ? Et quelles procédures de décision mettre sur pied, qui feraient de l'incertitude et des risques un fardeau partagé, et partagé équitablement ?

En la matière, une avancée récente mérite d'être notée : l'image d'une populace frivole et soumise à l'opinion, sorte de troupeau de moutons appelant des sages pour qu'ils le guident, est en net recul ; et l'idée selon laquelle le citoyen, même s'il reste influençable, a désormais un rôle à jouer est de plus en plus largement admise. Toutefois, des conflits surgissent dès qu'il s'agit de tracer les contours de ce rôle. De nombreux scientifiques, désormais moins réticents à admettre qu'ils doivent sortir de leurs tours d'ivoire, pensent qu'il convient surtout d'associer le public à une vaste entreprise de communication : dans leurs esprits, il s'agit seulement d'éclairer le profane en faisant de la vulgarisation à une échelle encore plus grande. Or le public, même s'il se sait profane, n'hésite plus à revendiquer d'autres rôles que celui d'auditeur. Il aspire à devenir tantôt contrôleur des décisions, tantôt co-législateur, car il a bien compris que ses jugements, à défaut d'être rationnels ou éclairés, peuvent néanmoins avoir des incidences majeures sur son avenir.

Dans un tel climat, il est facile de comprendre pourquoi l'acceptabilité des innovations et des risques technologiques n'a plus rien d'automatique. Certes, des décisions sont bel et bien prises par les instances représentatives, mais la société civile ne s'y rallie pas toujours. Les discussions, du fait qu'elles ne parviennent jamais à s'éteindre, prennent parfois des allures de guerre de tranchées : d'un côté, les technophiles enthousiastes ; de l'autre, les technophobes radicaux.

Il convient, dans un tel climat, de faire émerger de nouvelles relations entre le monde de la recherche et la sphère publique afin que les citoyens soient associés et adhèrent à une attitude responsable, c'est-à-dire à la fois vigilante *et* confiante, vis-à-vis des progrès de la science et des technologies.

IV COMMENT LES NANOSCIENCES SONT-ELLES PENSEES ?

IV.1 L'origine du débat sur les nanotechnologies

Souvent jugé prématuré, le débat sur les impacts sociaux et éthiques des nano-sciences et nanotechnologies a été lancé à un moment où l'incertitude quant aux résultats de ces recherches était totale. Cette précocité est due à la déroute, en termes d'acceptation par la société, de certaines générations précédentes de nouvelles technologies, en particulier des OGM. Le problème de l'amiante, l'affaire du sang contaminé et la contestation du nucléaire ont aussi contribué à un basculement de l'opinion publique, jusque-là disposée à faire spontanément confiance aux scientifiques. Les dirigeants de la recherche ne pouvant ignorer cette nouvelle donne, ni la pression sociopolitique qui en découle, ils ont été amenés à lancer le débat sur les nanosciences et les nanotechnologies avant même le début du financement et de la réalisation à grande échelle des recherches correspondantes. Les chercheurs commencent eux aussi à ressentir une crise de confiance à l'égard de leur travail, mais ils se trouvent souvent paralysés devant ces nouveaux défis et ne savent pas bien comment réagir à la pression des opposants.

Le débat sur les impacts sociaux et éthiques des nanotechnologies a été d'abord dominé par des visions extrêmes et irréalistes³¹ : d'un côté, plusieurs fantasmes sociaux, anthropologiques et outrageusement futuristes ont occupé le devant de la scène³² ; de l'autre côté, ces utopies ont entraîné en réaction des visions dystopiques non moins radicales, celles d'un monde

³¹ Cf. B. Gordijn, *Nanoethics: From Utopian Dreams and Apocalyptic Nightmares towards a more Balanced View*, UNESCO report, 2003. I. Kerr et G. Bassi, Building a Broader Nano-network, *Health Law Review*, 12:3, 2004, pp. 57-62. C. MacDonald, Nanotech is Novel; the Ethical Issues are Not, *The Scientist*, 18:3, 16 février 2004, p. 8.

³² E.g., K.E. Drexler, *Engines of Creation*, New York: Anchor Press/Doubleday, 1986; R. Kurzweil, Reinventing Humanity: the future of human-machine intelligence, *The Futurist* mars-avril 2006; C. Phoenix et E. Drexler, Safe Exponential Manufacturing, *Nanotechnology*, 15, 2004, pp. 869-872; M.D. Mehta, Some Thoughts on the Economic Impacts of Assembler-Era Nanotechnology, *Health Law Review*, 12:3, 2004, pp. 33-36.

apocalyptique auquel les nanotechnologies conduiraient³³. Grâce à la prise de conscience de ce problème par la plupart des acteurs (surtout à partir de 2004), on a pu dégager les problématiques vraiment cruciales et mieux structurer le débat en l'orientant vers la recherche d'une « science responsable ». Reste qu'aujourd'hui encore, les conséquences sur l'opinion des fantasmes initiaux qui avaient lancé le débat demeurent non négligeables. Le « *hype* » autour des nanosciences et des nanotechnologies³⁴ et les analyses « *anti-hype* » occupent toujours une place importante dans la littérature³⁵. Ainsi l'existence du *hype* et la communication sur les nanosciences et les nanotechnologies font-elles aussi partie des problèmes éthiques.

En marge du *hype*, on trouve dans la littérature d'autres thèmes qui ne contribuent guère à la sérénité des débats. Citons-en deux : le premier est l'idée selon laquelle les sciences humaines et sociales se seraient saisies des nanotechnologies comme sujet d'étude uniquement parce qu'elles auraient eu besoin de thématiques neuves, susceptibles d'intéresser le public³⁶. Le second est l'idée selon laquelle les disciplines physico-chimiques auraient connu durant les années 1990 une baisse de leur financement telle qu'il aurait fallu redresser la situation en réunissant les conditions de l'accroissement de

³³ ETC group, *The Big Down*, 2003. ETC group, *No small matter II: The case for a global moratorium. Size matters!* 2003. ETC Group, *A Tiny Primer on Nano-scale Technologies and 'the Little Bang Theory'*, 2005. FoE – Friends of the Earth, *Nanomaterials, sunscreens and cosmetics: Small ingredients, Big risks*, 2006. Voir aussi : M.H.A. Hassan, Small Things and Big Changes in the Developing World, *Science*, 309, 1 July 2005, pp. 65–66.

³⁴ M.C. Roco et W.S. Bainbridge, *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology*. National Science Foundation (US) and Boston: Kluwer, 2001. A. Hessenbruch, *Beyond truth: Pleasure of nanofutures*, in: J. Schummer & D. Baird (Eds.), *Nanotechnology Challenges - Implications for philosophy, ethics and society*, World Scientific, 2006, pp. 357–382.

³⁵ B. Bensaude-Vincent, Two Cultures of Nanotechnology?, *Hyle*, 10:2, 2006, pp. 65–82. J. P. Dupuy et F. Roure, *Les nanotechnologies : éthique et prospective industrielle*, rapport aux Conseils généraux des Mines et des Technologies de l'information, Paris, La Documentation française, 2004. B. Williams-Jones, A Spoonful of Trust Helps the Nanotech Go Down, *Health Law Review*, 12:3, 2004, pp. 10–13. A. Nordmann, *Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies*, report of the High Level Expert Group "Foresighting the New Technology Wave", European Commission Research Directorate, 2005.

³⁶ S. Hornig Priest, Commentary – Room at the Bottom of Pandora's Box: Peril and Promise in Communicating Nanotechnology, *Science Communication*, 27:2, 2005, pp. 292–299. Nanoforum, *4th Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of Nanotechnology*, Part 5: *The Ethical Aspects and Political Implications of Nanotechnology*, 2005.

l'intérêt des dirigeants politiques et du public³⁷. Ces appréciations, qui méritent sans doute d'être mieux analysées par les sociologues des sciences, ne sont pas sans incidence politique. Mais les vrais sujets de préoccupation éthique relatifs aux nanosciences et aux nanotechnologies se trouvent ailleurs.

IV.2 Ce que l'éthique n'est pas

Les discours contemporains invoquent l'éthique avec insistance dans de nombreux domaines et presque à tout propos, et laissent entendre qu'ils en attendent beaucoup : l'éthique, on la voudrait donneuse de leçons et de réconforts, on l'imagine édifiante, pourvoyeuse de représentations, soucieuse de sagesse et de morale, toujours le dialogue aux lèvres et une bonne vieille philosophie à portée de main.

Mais à bien y regarder, l'actuel retour de l'éthique prend le mot dans un sens très flou. Il penche tantôt du côté du discours pieux, tantôt du côté de la morale laïque, tantôt du côté de la mélancolie de fin d'époque, tantôt du côté du supplément d'âme pour période inquiète. *La référence à l'éthique est ainsi devenue une sorte de code diffus par lequel toute question nouvelle se trouve projetée dans le champ des valeurs.*

Voulant montrer qu'ils ont pris acte de cette aspiration confuse à évaluer les conséquences de la recherche, les organismes de recherche, les agences gouvernementales et la plupart des acteurs industriels impliqués dans les nanotechnologies formulent leur discours sur l'éthique exclusivement en termes de risques, et souvent de risques toxicologiques seulement, comme si la prudence et le calcul coûts-bénéfices étaient des moyens universels permettant d'analyser toutes les conséquences envisageables du progrès scientifique et technique. Cette attitude nous semble ignorer l'existence d'incertitudes plus profondes³⁸. Afin de les analyser, il convient d'établir une distinction entre des notions qui sont souvent amalgamées alors qu'elles

³⁷ A. Jamison, On Nanotechnology and Society, *EASST (European Association for the Study of Science and Technology) Review*, vol. 24 (2/3), 2005. R. Jones, Hollow centre: Nanotechnology is a discipline in the throes of an existential crisis, *Nature*, Vol. 440, 20 avril 2006, p. 995.

³⁸ Cf. M. Kearnes, P. Macnaughten and B. Wilsdom, *Governing at the Nanoscale: People, Policies and Emerging Technologies*, London, Demos, 2006.

recouvrent des réalités différentes : celles de risque, d'incertitude, d'ambiguïté, d'ignorance et d'indétermination. Nous retiendrons les définitions suivantes³⁹.

Risque : Les probabilités des dommages possibles sont connues. Les techniques de l'évaluation des risques s'appliquent alors directement.

Incertitude : Sont connus les types et les degrés de dommages possibles, mais pas leurs probabilités. Les techniques de l'évaluation des risques ne s'appliquent plus, sauf si on adhère à une conception subjective des probabilités, considérées alors comme de simples degrés de croyance. Dans ce cas, le principe de précaution s'applique et incite à mener des recherches supplémentaires pour déterminer les différentes probabilités objectives.

Ambiguïté : Le problème n'est plus de connaître la probabilité des différentes formes de dommages, car la mesure des dégâts et la caractérisation de leurs causes sont elles-mêmes floues, soit à la suite d'un désaccord entre les spécialistes, soit en raison d'une contestation sociale plus large.

Ignorance : La connaissance des formes de dommages possibles est incomplète : « on ne sait pas qu'on ne sait pas ». L'événement dont on voudrait évaluer le risque n'est plus défini, de sorte que la surprise future fait par essence partie du processus. Ni l'évaluation des risques ni le principe de précaution ne s'appliquent alors.

Indétermination : Les probabilités des différentes issues du problème dépendent elles-mêmes de l'analyse qui en est faite et des interactions complexes entre les sphères du social, du naturel et de la technique. Une évaluation opérée « ici et maintenant » pouvant être démentie par la suite de l'histoire, il convient d'en avoir une approche révisable.

L'éthique ne se réduit ni à la prudence, ni au calcul coût-bénéfice, ni à aucune des cinq notions que nous venons de présenter. Son rôle est de poser des questions originales, non conventionnelles, sur les divers aspects de l'existence humaine. L'éthique en tant que discipline ne prétend pas y répondre, mais en éclaire la formulation et donne un contexte de réflexion à qui est appelé à devoir trancher la question.

Sur la base de nombreux exemples, un chercheur anglais, David Fleming, a élaboré un « principe inverse d'évaluation des risques » : la propension d'une communauté à reconnaître l'existence d'un risque est

³⁹ Cf. U. Felt (rapporteur), B. Wynne (chairman), *Taking European Knowledge Society Seriously*, Report of the Expert Group on Science and Governance to the Science, Economy and Society Directorate, Directorate-General for Research of the European Commission, 2007, p. 36. J.-P. Dupuy et A. Grinbaum, *Living With Uncertainty: Toward the Ongoing Normative Assessment of Nanotechnology*, *Techné* 8 (2), 2004, p. 4-25.

déterminée par l'idée qu'elle se fait de l'existence de solutions⁴⁰. L'éthique va donc au-delà de la simple observation des phénomènes sociaux et de l'évolution des mentalités qu'ils reflètent : elle pose les questions et offre un choix de solutions là où la société n'a pas encore reconnu l'existence même de la question, encore moins des solutions. Un éthicien travaille toujours de façon spéculative, en amont des processus sociaux et des transformations du jugement individuel, contrairement à un sociologue ou un économiste qui étudient une société considérée comme « donnée au départ ».

IV.3 Science et mythe

L'intellectualisation et la rationalisation constantes du monde n'impliquent pas nécessairement une connaissance générale et croissante des conditions dans lesquelles nous vivons. Même s'ils s'habituent à l'environnement technique au point d'oublier qu'il n'a pas toujours existé, la plupart de nos contemporains ne savent pas comment expliquer des phénomènes qui auraient été naguère considérés comme miraculeux : le vol du plus lourd que l'air, la transmission à distance du son et de l'image. Mais ils savent que ces phénomènes s'expliquent rationnellement. L'homme ordinaire idéalise la technique, il la réduit à une épure merveilleuse dont les principes sous-jacents lui demeurent opaques. Dans cette optique, le domaine intermédiaire – le travail d'élaboration des applications et l'explication du « comment ça marche » – sont évacués : on pense le progrès de la technique en passant directement de son état actuel à un état rêvé ou idéalisé où elle fonctionnera enfin sans obstacles et où toutes les technologies convergeront. Le progrès, qu'il soit perçu comme accomplissement ou comme malédiction, devient l'objet d'une croyance utopique qui s'éloigne des réalités laborieuses du monde de la recherche⁴¹. Nous attendons tout de la science, nous la considérons comme une divinité à la fois bienveillante et terrible qui tient un rôle central et mystérieux, mais bien connu par les initiés. Pareille situation

⁴⁰ D. Fleming, *The Economics of Taking Care: An Evaluation of the Precautionary Principle*, in: D. Freestone and E. Hey (eds.), *The Precautionary Principle and International Law*, La Haye, Kluwer Law International, 1996, p. 148.

⁴¹ Cf. J. Ellul, *Les Nouveaux possédés*, Paris, Fayard, 1973, p. 181.

nous rapproche de la mythologie. Les concepts de la science deviennent en quelque sorte les personnages du mythe moderne⁴². Cette interprétation a au moins l'avantage de pouvoir rendre compte de notre ambivalence affective à l'égard des objets techniques : au technicisme intempérant, qui rêve d'une solution technique à tous les problèmes humains, s'oppose une technophobie violente, qui diabolise la technique en lui attribuant la responsabilité de tous les maux.

Mais si nos sociétés se sentent « aliénées » par l'omniprésence invasive des objets techniques, cette aliénation est également due à la non-connaissance du fonctionnement de ces objets⁴³. Comme il est irréaliste d'apprendre à tous comment ils fonctionnent, de nouveaux mythes peuvent éclairer notre relation à ces objets même sans nous apprendre leurs mécanismes sous-jacents.

Les mythes se distinguent des sciences par leur finalité, leur structure et leurs objets. Ces derniers sont les grands moments de l'existence humaine : la naissance, la mort, la filiation, l'enchaînement des générations. L'expérience humaine est intégrée dans des récits dont la finalité est de donner un sens à ces moments en les rattachant les uns aux autres, qu'il s'agisse d'expériences passées, futures ou rêvées. En outre, ce sens induit des normes de comportement : les mythes s'accompagnent le plus souvent de règles, de rites, de lois, qui régissent le comportement des communautés pour lesquelles ils font office de « tradition organisatrice ». Dans les sociétés traditionnelles, les mythes jouent le rôle d'intégrateur des individus dans l'organisation sociale. Dans la société contemporaine, un tel rôle est en partie dévolu à la science et à la technique.

La science ne donne pas de sens à toutes les expériences auxquelles l'homme fait face dans sa vie, et n'y prétend pas⁴⁴. Aussi convient-il

⁴² Cf. R. Aron, in M. Weber, *Le savant et le politique*, Plon, 1959 (*Wissenschaft als Beruf*, 1917, et *Politik als Beruf*, 1919), p. 21-22.

⁴³ Cf. G. Simondon, *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier, 1958, pp. 8-16.

⁴⁴ Cf. analyse des différentes significations du mot « science » pour les spécialistes et le grand public, in U. Felt (rapporteur), B. Wynne (chairman), *Taking European Knowledge Society*

d'opposer la science et le mythe, au moins dans un premier temps. Pourtant ils s'enrichissent mutuellement, dans la mesure où l'habitude de la rationalité scientifique, et les critères de vérité opérationnelle qu'elle véhicule, permettent d'établir une distance critique vis-à-vis de l'interprétation littérale du récit mythique. Inversement, la puissance d'interprétation des mythes permet d'acquérir une certaine distance critique vis-à-vis de la rationalité de la démarche scientifique. Le rapport entre science et mythe, loin de relever d'un rapprochement neutre ou d'une indifférence polie, est plutôt celui d'*une critique et d'un éclairage réciproques*.

Toute mise en correspondance simpliste entre la science et le mythe est source de confusion. Pour autant, en éthique des sciences, le mythe *doit* être mobilisé par le scientifique, à la condition que celui-ci l'interprète dans le contexte du problème auquel il est confronté. L'éthique des sciences, appelée à définir ce contexte, traite des problèmes créés par la science et la technique sans que celles-ci possèdent de moyens propres pour les résoudre. Par conséquent, la source de tels moyens se trouve ailleurs, en particulier, dans les mythes qui se sont « spécialisés » dans une projection porteuse de sens, éventuellement multiples, sur toutes les expériences qui font le gros des questions éthiques concernant les nouvelles technologies. Par exemple, la question d'une éventuelle dissociation entre la maternité utérine et la maternité ovarienne ne s'était jamais posée, mais à partir du moment où elle devient techniquement possible grâce à la technologie biomédicale, de nouvelles questions apparaissent : des deux femmes, celle qui donne l'ovule et celle qui porte l'embryon dans l'utérus, laquelle est la « mère », que ce mot soit pris selon le sens commun, moral ou juridique ? Tout comme la plupart des questions vraiment aiguës de l'éthique biomédicale, les questions de l'éthique nanomédicale, qui, elles, portent sur l'intervention dans le corps à l'échelle moléculaire, sont également posées par les avancées de la science et la technique sans que celles-ci puissent les résoudre.

Seriously, Report of the Expert Group on Science and Governance to the Science, Economy and Society Directorate, Directorate-General for Research of the European Commission, 2007.

Les mythes créent une distance par rapport à nos activités immédiates, et ils aident à expliciter le contexte philosophique et idéologique au sein duquel apparaissent les nouvelles potentialités de la science. Les décisions portant sur ce qui est souhaitable et sur ce qui ne l'est pas n'en sont pas pour autant facilitées. Car les mythes projettent des significations multiples, divergentes, éventuellement contradictoires quant aux positions morales auxquelles nous pourrions adhérer. Autrement dit, il ne suffit pas de faire appel aux mythes pour résoudre les problèmes éthiques. Il n'existe pas de recette magique qui permettrait de déduire de façon mécanique, à partir d'un principe général, ce qu'il faudrait faire et ce qu'il ne faudrait pas faire. Il s'agit seulement d'élargir le contexte de la réflexion, afin de pouvoir se hisser à la hauteur de débats qui dépassent le cadre de la pure rationalité scientifique.

Il serait souhaitable que les scientifiques apprennent à se servir de la valeur symbolique du mythe, ainsi que de son pouvoir évocateur. Ceux pour qui le vrai n'a pour origine que l'expérience répétable refusent souvent de parler du mythe, parce qu'il leur paraît construit sur des faits faux, impossibles ou invérifiables. Cependant, si l'on veut que le scientifique mène une réflexion éthique authentique et devienne capable d'appréhender les points de vue qui lui sont étrangers, il est indispensable qu'il apprenne à discerner et à mobiliser le contenu symbolique du récit mythique. La confiance du public dans la science ne sera en effet restaurée que si les scientifiques deviennent capables de provoquer une réaction non seulement intellectuelle, mais aussi émotionnelle. Ce processus passe nécessairement par *l'ouverture affective* du discours scientifique. Le citoyen ne se reconnaîtra dans la science que si ce qui se fait à travers lui fait appel à l'émerveillement devant la technique autant qu'à la stabilité rassurante de la pensée rationnelle.

Toutefois, l'anthropomorphisation des images et des récits des nanosciences présente des inconvénients : un graphique du potentiel dans un puits quantique ne provoque aucune émotion chez l'homme ordinaire, tandis qu'une image du microscope à effet tunnel, colorée en rouge, vert ou bleu vifs, suscite une réaction d'ordre esthétique. Si l'on veut que le public adhère

à la science au travers d'une référence aux mythes, un nouveau récit peut être utile, reliant les faits de la science, qui se trouvent d'ordinaire à des échelles fort éloignées de la nôtre, aux grands moments de l'existence humaine qu'illustrent les mythes : l'amour, la mort, la naissance, la filiation. L'idée d'une mobilisation des mythes, dont les racines plongent dans l'inconscient collectif et qui impressionnent durablement la psyché humaine, nous semble intéressante à étudier de façon plus approfondie. Par exemple, le travail quotidien du chercheur et les questions éthiques qu'il se pose pourraient être mis en récit à partir des mythes du golem de Jérémie ou du poisson de Tobie⁴⁵.

Mais le risque est que le public reçoive sans le recul nécessaire certaines métaphores et qu'il ne puisse pas les distinguer des fantasmes qui circulent par ailleurs. C'est pourquoi la narration doit aussi mettre en perspective la validité des analogies proposées et les composantes anthropomorphiques des images, y compris celles qui jouent un rôle heuristique dans la démarche du chercheur.

IV.4 Éthique et progrès

Ce que nous considérons aujourd'hui moralement interdit pourrait ne plus l'être pour ceux qui vivront dans le monde futur. Personne ne peut préjuger absolument de ce qu'il en sera de l'avenir, ni d'ailleurs utiliser purement et simplement les valeurs et les normes de la morale actuelle pour comprendre les jugements d'autrefois. Car l'éthique des sciences et des techniques est confrontée à une double évolution : celle des normes qui se corrigent et se rectifient pour demeurer fidèles aux valeurs qui leur donnent sens, et celle des valeurs morales, qui sont moins aisément objectivables et souvent implicites. Les valeurs d'efficacité véhiculées par les objets techniques pénètrent toutes les sociétés, quelles que soient leurs valeurs

⁴⁵ On peut envisager d'autres exemples : les recherches menées au CEA en nanomédecine pourraient être mises en récit à propos de la longévité et la santé corporelle, tout en se référant aux mythes et aux symboles comme ceux de Tithon, de Shangri-La ou de « terre des centenaires » ; ou les recherches liées aux nouvelles ressources d'énergie pourraient être mises en rapport avec la survie de l'homme dans des conditions difficiles et associées aux grands mythes qui parlent de la survie, comme celui de Job.

morales. Aucune ne dispose *par avance* des normes susceptibles d'encadrer les conséquences de l'essor de la technique. Si nous voulons mettre en accord l'évolution technique et les valeurs qui sont les nôtres, nous sommes donc condamnés à *inventer*.

Les normes de la société en matière d'éthique évoluent en conséquence, ainsi que les valeurs, même si l'évolution de ces dernières est plus lente. Par exemple, le téléphone, totalement intégré au regard de la morale actuelle, a été rejeté à l'origine par plusieurs collectivités territoriales, notamment en Suisse, au motif qu'il était éthiquement inacceptable et susceptible de ruiner les relations humaines. Une telle norme négative paraît aujourd'hui bien désuète. D'une façon générale, même si les valeurs morales continuent de se dire avec les mêmes mots, l'interprétation de ces mots évolue.

De la même façon, si l'on se tourne maintenant vers l'avenir, on doit admettre que nos descendants, qu'ils soient proches ou lointains, vivront dans un monde différent du nôtre à cause de l'évolution des technologies, mais aussi à cause de celle des mœurs. Si les adultes du début du XX^e siècle avaient imaginé ce que la vie serait au début du XXI^e siècle, il leur aurait été difficile d'anticiper la situation actuelle, non seulement sur le plan de la technique, mais aussi de la morale, d'autant plus que ces deux plans font partie d'un processus de co-évolution intriquée. Appliquer les normes éthiques d'aujourd'hui pour décider des technologies dont la naissance est projetée dans un avenir qui dépasse l'horizon d'une ou deux décennies est donc parfaitement illusoire : le jugement éthique à propos des techniques futures se fera au travers d'une transformation progressive des normes et d'une réinterprétation des valeurs. Il convient donc de surveiller continûment l'évolution de notre condition technique de telle façon que chaque nouvelle question éthique puisse être discutée en connaissance de cause. Cela suppose d'instaurer une *pratique d'évaluation normative continue* des nanosciences et des nanotechnologies.

IV.5 La fonction symbolique des opposants aux nanotechnologies

La contestation du développement des nanotechnologies n'est pas motivée en premier lieu par l'intérêt particulier. Elle correspond plutôt à des réactions *misonéistes* (contre la nouveauté et le changement) ou *luddites* (contre les machines). Elle est de l'ordre du sacré. Plus précisément, elle exprime l'ensemble des réactions symboliques que l'homme « utilise » pour se représenter la technoscience lorsqu'on en dramatise les résultats futurs.

La technique est symboliquement traitée comme une « divinité ». De ce seul fait, il arrive qu'on se révolte contre elle, que ses effets soient jugés positifs ou négatifs : si la technique apparaît comme une transgression de l'ordre existant, alors la réaction sociale s'oppose à cette transgression, ce qui revient à défendre le *statu quo* ; si au contraire, la technique ne semble pas menacer les habitudes et les normes, si elle ne fait que servir fidèlement les fins que lui assigne la société, alors c'est sa trivialité et sa neutralité complaisante qui lui sera reprochée. La bataille de l'homme contre le sacré vise en fin de compte sa réintégration dans un nouvel ordre qui, lui, sera pacifique. *On se révolte contre la technique non pour l'anéantir, mais pour s'incorporer dans le nouvel ordre social qu'elle impose.*

Il convient de limiter la violence de l'opposition aux nanotechnologies sans chercher à la supprimer complètement : sa disparition signifierait la fin même des nanotechnologies comme moteur d'une transformation technique *réfléchie* du monde. L'opposition au changement est un signe de ce que la société essaie d'adhérer à ce changement. La contestation fait donc partie intégrante de la force formatrice qu'elle semble combattre, au sens où elle intervient pour avertir des risques de rupture qu'une évolution trop rapide pourrait engendrer. En somme, elle est aussi nécessaire à la transformation du monde que le circuit de refroidissement l'est au moteur d'une automobile. L'opposition au progrès technique apparaît comme l'une des conditions de la prise de conscience de ce progrès par la société. Elle permet ainsi l'adaptation progressive de la société au nouveau paysage que le progrès technique construit.

IV.6 L'exemple du golem de Jérémie

Une légende des juifs rhénans du XIII^e siècle raconte que le prophète Jérémie avait entrepris et réussi la création d'un homme artificiel, le *golem*⁴⁶. Contrairement à la légende de Faust qui nous est plus familière, il ne s'agissait pas d'un acte de révolte contre Dieu, mais du couronnement d'une longue ascension vers la connaissance. Comment savoir que l'initié a réussi à déchiffrer et à bien comprendre les lois de sa science, en occurrence celle de la création du monde, si ce n'est en vérifiant que son savoir est *efficace* en ce qu'il lui permet, à lui aussi, de créer un monde ? Comment savoir que sa connaissance de la nature humaine est correcte, si ce n'est en vérifiant qu'elle lui permet de créer un homme ? On accepte – souvent sans s'arrêter même sur la question – le fait qu'il faut aller aussi loin que possible sur le chemin de la connaissance vérifiable. Si on y aboutit, la preuve en serait que l'on est capable de reproduire l'œuvre de la nature elle-même ou d'un créateur, de Dieu. Pour la légende de Jérémie aussi bien que pour la science d'aujourd'hui, cette preuve ne peut être qu'empirique. Pour démontrer que l'on peut faire quelque chose, il n'y a qu'une solution : le faire.

Etant, selon la légende, un homme parfait à cause de la très grande connaissance attribuée de son créateur, le golem de Jérémie parle à ce dernier et en appelle aussitôt à sa conscience : « Te rends-tu compte de la confusion que tu viens d'introduire dans le monde ? À partir d'aujourd'hui, quand on rencontrera un homme ou une femme, on ne saura plus si c'est une créature venant de Dieu ou de toi ! » Jérémie, qui, curieusement, ne semblait pas avoir pensé à ce détail, lui demande alors conseil. L'homme artificiel répond : « Tu n'as qu'à me défaire comme tu m'as fait ». Jérémie en tire la conclusion qu'il ne faut pas renoncer à la connaissance, qu'il faut *devenir capable* de faire des hommes artificiels, mais aussi qu'il ne faut pas en faire sous le seul prétexte qu'on est devenu capable d'en faire.

Pourquoi Jérémie ne pouvait-il pas penser tout seul à ce problème, avant que le golem ne le lui dise ? Parce que, à partir du moment où il s'est engagé

⁴⁶ H. Atlan, *Étincelles de hasard*, Paris, Seuil, 2003, tome I, p. 49.

dans une entreprise qui consiste à connaître la nature sans limite en allant le plus loin possible dans cette connaissance, il fait l'expérience de ce que les forces de la nature passent à travers *lui*, qui n'est qu'un être fini. Il oublie que, de ce seul fait, la puissance de ces forces est nécessairement limitée. La démarche éthique vise, de surcroît, à la limiter encore plus. Le risque pour le scientifique moderne est, comme Jérémie, de se laisser emporter par son élan, par le désir d'aboutir le plus rapidement possible et, au cours de son travail, de ne jamais se poser de questions éthiques en termes de limites.

Dans le débat autour des nanotechnologies, certains font état d'un dilemme : faut-il promouvoir la recherche sans limite ou faut-il au contraire décider d'un moratoire ? Mais sur quels critères pourrait-on limiter la recherche ? À ce propos, les opinions divergent radicalement. La leçon de Jérémie ouvre une troisième voie, qui consiste à dire qu'il ne faut jamais arrêter la quête de connaissance, et qu'il faut toujours la pousser le plus loin possible. Mais si nous apercevons que cette recherche permet de faire une chose dont nous estimons que, *post factum*, nous aurons des raisons de penser qu'il ne fallait pas la faire, alors il ne faut pas la faire *aujourd'hui*. La tentation de faire doit être précédée d'une réflexion sur ce qui pourrait en découler.

L'idée qu'il ne faut pas faire telle ou telle chose ne vient à Jérémie qu'après les paroles du golem. De même, la société ne se fait un jugement résolument négatif à propos d'une technique nouvelle qu'après coup, c'est-à-dire une fois l'incertitude initiale levée. Selon la leçon de Jérémie, aucun jugement préliminaire et produit *a priori* ne saurait être bon quand il s'agit d'introduire une nouveauté authentique dans le monde. Pourtant, Jérémie n'a pas attendu la propagation massive des golems : il défait aussitôt le sien, restituant ainsi au monde l'état qui précédait sa création. Le jugement éthique ne doit pas devancer la réalité de la condition du monde sur laquelle il porte, mais une fois ce jugement prononcé, il est de la responsabilité des scientifiques de pouvoir revenir à l'état précédent du monde.

V QUELLES SONT LEURS IMPLICATIONS ETHIQUES ?

V.1 La perception du risque

Le déclenchement précoce du débat public sur les nanotechnologies est à la fois positif et potentiellement nuisible. Les décideurs et les citoyens ordinaires sont invités à formuler des jugements sur les nanotechnologies, alors même qu'il n'existe aucun ensemble de résultats avérés, menés jusqu'à la production à grande échelle, et non pas simplement prophétisés.

Par nature, l'avenir technologique apparaît toujours incertain. Cette situation est amplifiée par le fait que les messages diffusés par les scientifiques à l'attention du grand public font souvent l'objet de controverses. Les évaluations des nanotechnologies se trouvent ainsi déformées par toutes sortes de distorsions échappant à la rationalité de l'analyse scientifique. La réaction publique s'enrichit notamment « des craintes liées aux expériences passées comme l'amiante, le nucléaire... »⁴⁷. Mais, en dépit de cette irrationalité apparente, elle peut être prévue et même dirigée.

La promotion pure et simple des fruits de la recherche pratiquée par les spécialistes des nanotechnologies éveille le soupçon que les citoyens font l'objet d'une manipulation psychologique. Contrairement à ce qu'elle vise, elle peut provoquer des réserves quant à l'acceptabilité des recherches en question. En ne mettant l'accent que sur les seuls aspects positifs de leurs travaux, les scientifiques risquent finalement de renforcer l'idée qu'ils cachent quelque chose, en particulier les risques. Une réaction typique serait alors de se demander « s'il n'y a pas également une volonté délibérée de la part de toute une série d'acteurs (des scientifiques, des industriels, des politiques) de ne pas réaliser cette évaluation [des risques] ou bien, quand elle a lieu, de

⁴⁷ Les avis et recommandations de la conférence de citoyens de la région Ile-de-France sur les nanotechnologies, <http://espaceprojets.iledefrance.fr/jahia/webdav/site/projets/users/sobellanger/public/avis%20et%20recommandations%20citoyens.pdf>

dissimuler ses résultats »⁴⁸. C'est ainsi qu'est anéanti le seul avantage dont disposent les scientifiques : leur crédibilité, qui vient de ce que le public les croit à l'abri des pressions marchandes.

Trop souvent, les scientifiques s'adressent au public en utilisant le langage d'un sage ou d'un oracle persuadé de détenir toutes les réponses, et attendent simplement du profane qu'il comprenne ce qu'il entend et qu'il acquiesce. Mais si le message du scientifique est du type « Ce nouveau produit sera tout simplement génial pour vous », il sera spontanément classé avec les autres publicités entendues chaque jour. En l'absence d'information plus approfondie, l'agent humain se formera un jugement fondé sur des informations antérieurement acquises, quelle que soit la partialité ou le manque de fiabilité de ces informations. Les conséquences de ce type de réaction peuvent s'avérer nuisibles à l'acceptabilité des nouvelles technologies en question⁴⁹.

Le premier pas à accomplir en vue d'un dialogue responsable et sérieux avec le public requiert du scientifique qu'il détienne la maîtrise de ses propres messages en direction de l'opinion publique. Dans une situation où 71% des sondés ne connaissent rien au sujet des nanotechnologies⁵⁰, le premier message venu, quel qu'il soit, formatera fortement la réaction du public. Par conséquent, il est très important de formuler ce premier message de manière à ce que ses récepteurs soient encouragés à demander plus d'information. Il faut développer chez eux le goût d'un jugement progressif plutôt que définitif, formé à partir d'une appréhension limitée, précise et distribuée, plutôt que globale et floue. Ainsi, ce premier message pourrait être exprimé en ces termes : « Nous avons fait ceci et cela, mais il y a une liste de choses que nous ne savons pas encore, et il y aura peut-être d'autres inconnues, à l'avenir. Il est trop tôt pour tirer une conclusion définitive, mais nous pensons

⁴⁸ Les avis et recommandations..., *op. cit.*

⁴⁹ Voir A. Grinbaum, Barrières cognitives dans la perception des nanotechnologies, *Annales des Mines*, mai 2007. A. Grinbaum, Cognitive Barriers in Perception of Nanotechnology, *Journal of Law, Medicine and Ethics*, 34(4), 2006, 689-694.

⁵⁰ BMRB Social Research, *Nanotechnology: Views of the General Public*, Etude préparée pour la Royal Society et le Groupe de Travail Nanotechnologies de l'Académie Royale d'Ingénierie, janvier 2004.

que les résultats intermédiaires sont les suivants... ». Ce n'est que si les scientifiques se montrent sérieux au sujet de l'incertitude, lucides quant aux résonances qu'ils évoquent, et pas absolument certains d'avoir raison que le public continuera à leur faire confiance.

V.2 Quand la science devient technoscience

Nous ne pouvons connaître rationnellement que ce que nous avons « refait ». En ce sens, la technique *est* le savoir. La science est rendue possible grâce aux expériences sur la nature qui viennent donner une valeur de vérité aux affirmations théoriques, mais cette figure traditionnelle tend à être remplacée par une autre : celle où la science consiste à fabriquer des objets artificiels possédant des traits désirés. En nanosciences, le chercheur est aussi un ingénieur. Son but est de construire un objet, non pas de démontrer une théorie⁵¹.

Le principal nouvel instrument de la recherche nanoscientifique est l'image. Pour le chercheur, elle est un moyen de juger de la ressemblance, critère même du succès de son travail. L'objet remplit-il la fonction pour laquelle il a été produit ? De plus en plus souvent, la réponse est fournie par un jugement qualitatif fondé sur l'image plutôt que par un jugement quantitatif fondé sur des données numériques. Pour le nanoscientifique communiquant avec le public, l'image – celle engendrée par un microscope à effet tunnel ou autre moyen technique avancé –, joue un grand rôle, puisqu'elle est parfois capable d'impressionner davantage que les produits nanotechnologiques eux-mêmes. En l'amplifiant de manière considérable, les nanosciences se sont attachées inextricablement au pouvoir de l'image. Pourtant, la perception visuelle provoque un jugement d'ordre esthétique, émotionnel (« l'image est-elle belle ? ») plus qu'une évaluation rationnelle de l'intérêt instrumental de son contenu. En conséquence, l'utilisation des images par les scientifiques doit au moins être rendue consciente quant à ses effets

⁵¹ Cf. A. Nordmann, *Theories of NanoTechnoScience*, conférence donnée au colloque « Les implications éthiques et sociales de la convergence nano-bio-info-cogno », Avignon, décembre 2006.

sur la perception ; à la limite, elle mériterait qu'un débat au sein de la communauté établisse les règles de bon usage des images fournies par les nouveaux appareils techniques.

V.3 La responsabilité des scientifiques

Le problème contemporain de la responsabilité des scientifiques peut être compris comme une actualisation du conflit, exposé par Max Weber, entre l'éthique de la responsabilité, qui seule convient à ceux qui ont en charge le destin collectif, et l'éthique de conviction, qui n'a de pertinence qu'au plan personnel⁵². Aujourd'hui, la technique pénètre dans nos vies quotidiennes à un tel degré que son créateur, le scientifique, n'est pas moins responsable du bien-être de ses concitoyens que l'homme politique. Les convictions personnelles du scientifique, jadis suffisantes pour déterminer sa posture éthique, ne peuvent plus suffire face à la responsabilité induite par l'usage des fruits de sa recherche ; la responsabilité collective de ceux qui appartiennent à la communauté scientifique rejaillit sur l'éthique individuelle, et préfigure le rôle réflexif que le scientifique est appelé à jouer dans la société contemporaine.

La responsabilité du chercheur est étroitement associée au rôle qu'il occupe dans l'horizon technico-scientifique qui a donné naissance à telle ou telle invention. Le chercheur n'est plus perçu comme un individu porteur de valeurs morales universelles, telle que l'amour de la science, mais comme l'occupant d'une position délimitée au sein du système d'élaboration des produits de la technoscience.

Néanmoins, l'adhésion aveugle à la *responsabilité de rôle*⁵³ peut entraîner une conduite anonyme amoral, voire immorale, si l'on identifie justement le mal absolu à la banalité du travail effectué sans scrupule quelle que soit sa nature. Remplir son rôle, solitairement et sans se poser de

⁵² M. Weber, *Le savant et le politique*, Plon, 1959 (*Wissenschaft als Beruf*, 1917, et *Politik als Beruf*, 1919).

⁵³ Cf. l'histoire de l'eugénisme ou encore les analyses dans H. Arendt, *Eichmann in Jerusalem: A Report on the Banality of Evil*, New York, Viking, 1963. Tr. fr. : *Eichmann à Jérusalem*, Gallimard, 1997.

question, n'a *a priori* aucune valeur éthique. Dans les processus complexes d'élaboration d'artefacts qui pourrait avoir des retombées imprévues, il existe un déséquilibre entre la responsabilité individuelle du chercheur, qu'il assume pendant qu'il occupe un rôle particulier et provisoire dans la hiérarchie, et la responsabilité collective, qui résulte de l'effort d'un grand nombre de chercheurs.

Les applications techniques soulèvent des problèmes éthiques même dans les cas où les scientifiques et les ingénieurs ont accompli leur travail avec les meilleures intentions et sans avoir toléré que l'utilisateur puisse abuser du produit de leur recherche. Le jugement moral s'effectue rétrospectivement, selon les conséquences ; l'avenir aura donc un impact sur la façon dont les chercheurs seront jugés – bons ou mauvais –, même si leur travail avait abouti bien avant que cet avenir n'advienne. Dans ce cadre, on peut comparer ces risques technologiques incalculables aux catastrophes naturelles, qui interviennent sur des grandes échelles de temps⁵⁴ : ainsi, les responsables politiques ayant autorisé les travaux de bâtiment qui ont affaibli le sol et ont facilité son inondation, seront jugés coupables après coup ; pourtant, si l'évolution du climat n'avait pas fait que le vent soit beaucoup plus fort que prévu (cause accidentelle et aléatoire du dégât), l'inondation ne se serait jamais produite et les décideurs en question auraient été félicités pour avoir mené avec succès la construction d'un nouveau village ou d'une nouvelle route. L'analogie avec les catastrophes naturelles est d'importance : l'anticipation des *risques*, aussi fine soit-elle, ne saurait garantir contre une réévaluation rétrospective de la *responsabilité*. Celle-ci advient comme la conséquence de l'événement futur non désiré, quelle que soit sa cause directe, et se répand sur l'ensemble des acteurs impliqués dans l'élaboration des techniques ayant participé à cet événement, même si ces acteurs ont respecté un code de déontologie. Une déontologie pré-établie ne suffit donc pas à écarter l'éventualité d'une condamnation morale ultérieure. C'est la raison

⁵⁴ N. Wiener, *Noncalculable Risks and the Economic Environment of Invention*, in *Invention: the Care and Feeding of Ideas*, MIT Press, 1994.

pour laquelle il serait souhaitable d'entrer dans un processus de *révision continue* des règles de bonne conduite afin de veiller à leur adéquation constante avec la réalité.

La complexité des implications éthiques des nanosciences et des nanotechnologies impose le développement d'une éthique de co-responsabilité entre tous les acteurs concernés, y compris le public. Pour le citoyen, être informé et devoir réagir au message venant du chercheur revient à accepter en contrepartie de partager la responsabilité. Le citoyen ne doit pas seulement consentir. Il doit aussi adhérer à l'entreprise scientifique et se délivrer de la peur qu'éprouve l'homme moderne. S'élevant au niveau de l'homme informé, qui connaît la science, le citoyen n'atteindra certes jamais le niveau de l'expertise scientifique, mais sa posture éthique en sera modifiée. Tout comme on devient membre d'une association en payant sa cotisation, le citoyen doit adhérer au projet scientifique en acceptant une forme nouvelle de responsabilité. Il exprime des inquiétudes que le chercheur tient souvent pour irrationnelles, précisément parce que le citoyen tente d'éviter la responsabilité d'avoir consenti en « avalant » le message du chercheur sans vraiment le comprendre. Or, le scientifique a intérêt à instaurer une éthique de co-responsabilité en encourageant le citoyen à réagir à son message et en ouvrant le dialogue. De la part du citoyen, il s'agit d'adhérer ou d'*acquiescer à ce qui se fait à travers lui*, mais de façon critique, sans aveuglement ni lâcheté. Dans une société où le citoyen n'acquiesce pas à ce que dicte le progrès scientifique et technique, le scientifique ne dispose plus des conditions nécessaires assurant la durabilité de son activité. Ce n'est qu'en instaurant une politique en matière d'éducation, visant à faire adhérer le citoyen à ce qui se fait en son nom, que nous pourrons dépasser l'attitude sociale du « pas dans mon jardin » (« *not in my backyard* »).

V.4 La responsabilité des institutions

Malgré la diversité des formes d'incertitude, la réduction de la communication sur l'éthique des sciences et des techniques aux seuls risques

quantifiables présentent certains avantages : elle permet aux institutions de rester dans leur domaine de compétence, en produisant un « discours sérieux » sur des risques mesurables, calculables, évitant ainsi la spéculation sur l'incertitude non-quantifiable, domaine dans lequel toute assertion décisive et tout jugement prématuré ont de fortes probabilités de se voir un jour invalidés. Les institutions n'énoncent publiquement de cette manière que des vérités acquises et vérifiées, même si c'est souvent sous une forme consensuelle ou floue. Toute assertion qui se révélerait fausse risquerait de leur coûter leur crédibilité.

La politique actuelle de la plupart des institutions consiste donc à se taire au sujet des impacts irréductibles aux risques calculables. Elle pourrait se révéler désastreuses sur le plan de l'adhésion sociale aux valeurs de la connaissance scientifique et du progrès technique. L'attitude techniciste consiste à rationaliser chaque question que l'on adresse à l'institution, à la quantifier et à la convertir en un problème à résoudre, de manière analogue à ce qu'accomplit le physicien dans son travail de tous les jours. Cela revient à appliquer des méthodes mathématiques là où la complexité de la situation sociale et le caractère flou de sa définition impliquent que toute tentative d'imposer un cadre déterministe et facilement « soluble » ne serait qu'une grossière simplification.

La réduction des problèmes éthiques à la seule quantification des risques allègerait provisoirement la charge accusatrice portée sur l'institution. Il ne faut pas nier son efficacité en ce qui regarde la cohérence du discours : quelle que soit la question que l'on lui pose, l'institution répond par une communication fondée sur une évaluation rationnelle, scientifique si possible. La manifestation de cette cohérence suffit à elle seule à convaincre une partie de la société de la validité de la réponse institutionnelle. Cependant, c'est cette même simplification de la question adressée par la société qui fragilise la crédibilité de l'institution auprès de ceux qui ne veulent plus simplement consentir. La transmutation systématique de toutes les questions en problèmes dûment quantifiables ou « solubles » peut, sur le long terme,

endommager la confiance des citoyens en la science. L'institution finirait par y perdre sa légitimité.

Au lieu de laisser le hasard décider de la bonne ou mauvaise fortune des choix institutionnels, au lieu de réduire toute question éthique relative aux nanosciences et aux nanotechnologies à la seule analyse des risques quantifiables, l'institution peut adopter une autre stratégie, qui la responsabilisera davantage tout en évitant la crise de confiance des citoyens. La crise ne manquera pas de se produire si, à la levée l'incertitude quant aux impacts futurs des nanotechnologies, le discours antérieur sur les seuls risques toxicologiques se révèle largement insuffisant. Cette autre stratégie intègre comme élément essentiel la communication *sur l'incertitude*. Le message sera crédible et n'entraînera pas après coup une mise en cause dévastatrice s'il est formulé ainsi : « Nous avons fait ceci et cela, mais il y a une liste de choses que nous ne savons pas encore, et il y aura peut-être d'autres inconnues, à l'avenir. Il est trop tôt pour tirer une conclusion définitive, mais nous pensons que les résultats intermédiaires sont les suivants...» Ce n'est que si les institutions traitent sérieusement de l'incertitude, si elles ne se montrent pas catégoriques en permanence, que le public continuera à leur faire confiance pour la poursuite de la recherche.

V.5 L'éthique des nanobiotechnologies

Outre les questions habituelles de bioéthique, certes réactualisées par l'avènement des nanobiotechnologies, telles que par exemple le rapport entre le médecin et le patient, d'autres questions nouvelles se posent sur le rapport entre la nature et l'artifice, ainsi que sur le degré d'autonomie humaine qui découle de la modification constante de ce rapport. La possibilité désormais acquise d'introduire des implants dans le cerveau ou d'implanter des mécanismes nanométriques et des artefacts à fonction déterminée dans le corps humain, pour fins médicales mais également pour faciliter certaines opérations et améliorer les performances humaines (par exemple, la

perception des signaux visuels par les personnes aveugles), pose la question du changement du rapport entre le naturel et l'artificiel.

La distinction même entre ces deux catégories devient floue : tantôt il s'agit de qualifier l'ADN de « molécule de vie », tantôt de l'utiliser pour faciliter la fabrication des transistors en électronique⁵⁵. Le concept jadis pertinent de « transgression de la nature » perd progressivement son sens⁵⁶, mettant en évidence le fait que la technique investit la nature propre de l'espèce humaine. À ce jour, la réversibilité de toute intervention dans la nature demeure la condition nécessaire pour en obtenir l'autorisation. Pourtant, la question n'est plus là : un homme portant un implant cérébral, qu'il veuille pouvoir le retirer ou pas, est-il le même homme que celui sans implant ? Même si cela dépend de la fonction spécifique de l'implant, toute autorisation n'étant délivrée qu'au cas par cas, la généralisation de la pratique de l'intervention de plus en plus conséquente dans le corps humain mènera à un changement de la nature humaine plus rapide que celui dû à l'évolution de la nourriture ou de l'hygiène. Cette évolution doit être délibérée, avec le droit de choisir pour chaque individu.

Le concept de dignité humaine joue évidemment un rôle déterminant dans la définition de ce qui est ou n'est pas acceptable en termes d'interventions techniques sur le corps humain. Il a évolué au cours du temps, ainsi que les normes éthiques qui en sont dérivées. Cependant, la vitesse de l'évolution du sens de la dignité humaine est lente. Le respect de l'intégrité de la personne est fermement ancré dans celui du schéma corporel : une atteinte au corps dont on pense aujourd'hui qu'elle est dégradante, monstrueuse, ou contre-nature, sera presque sûrement jugée de la même façon dans dix ans. Toutefois, si l'implantation d'un corps étranger ne vise plus à restaurer la santé ou le fonctionnement normal de l'organisme mais à optimiser les

⁵⁵ Voir par exemple: P. W. K. Rothmund, Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns, *Nature*, 440, 2006, p. 297.

⁵⁶ J.-P. Dupuy, *Le problème théologico-scientifique et la responsabilité de la science*, Conférence donnée en ouverture des Premières rencontres « Science et décideurs » sous l'égide du Ministère de la Recherche et des Nouvelles technologies, Futuroscope du Poitiers, 28 novembre 2003.

performances, il peut encore respecter une valeur éthique : *la transformation envisagée sera jugée bonne ou mauvaise à l'aune du gain ou de la perte d'autonomie de la personne vis-à-vis de son environnement.*

Les révolutions technologiques ont le pouvoir de généraliser l'usage et l'adhésion aux avancées biotechniques qu'elles introduisent. Qui sait si nous n'aurons pas à « améliorer » la nature humaine pour pouvoir coloniser les fonds marins ou d'autres planètes ? La nature de l'homme étant relative à son milieu, un tel dépaysement pourrait amener à en relativiser l'intangibilité. L'évolution du jugement éthique sur les modifications acceptables du corps humain s'accélérerait en conséquence, mais il est inutile de pratiquer la futurologie. Une révolution technologique n'a jamais pour conséquence immédiate une révolution éthique. Il convient d'accompagner l'évolution des normes au fur et à mesure de la propagation dans la société des effets de la nouvelle technologie.

V.6 L'éthique des nanotechnologies de l'information

Le développement continu des technologies de l'information dans le sens de la miniaturisation des composants les amène au sein du domaine nanométrique. Même si ce processus ouvre en permanence la possibilité d'applications nouvelles, il s'inscrit dans le courant connu, qui se manifeste depuis plusieurs années, de l'évolution des technologies de l'information. Par conséquent, les questions éthiques soulevées par les nanotechnologies de l'information récapitulent en grande partie les préoccupations déjà apparues aux étapes précédentes du développement des technologies de l'information. La nouveauté, pour autant qu'elle existe, tient à l'intensification ou à la réactualisation de certaines questions qui ont déjà été examinées à la fois par le scientifique et par le législateur. Par exemple, la question, déjà assez ancienne, du bon usage des RFID (n'appartenant pas, d'un point de vue technique, à l'échelle nanométrique), est perçue comme d'actualité par la société et discutée par le régulateur et les citoyens lors des débats sur les nanotechnologies. Comme dans beaucoup d'autres cas, la nature du problème

éthique n'est pas neuve, mais le moyen technique innovant vient la réactualiser et la replace au centre du débat.

La question de la protection de la vie privée face à l'informatisation croissante des données sera amplifiée à chaque création des nouveaux artefacts capables de collecter davantage d'information, à des niveaux inaccessibles auparavant, comme par exemple à l'intérieur du corps ou même du cerveau humain. Le statut éthique et juridique de la vie privée ainsi que la législation encadrant l'accès et le contrôle de l'information sont donc destinés à constituer des enjeux récurrents du débat politique.

On sait que l'observation d'un individu modifie son comportement normal⁵⁷. La diminution de la part de la vie privée non observée, inaccessible à la collecte d'information, pourrait mener à l'instauration de formes de comportements adaptés, ayant intégrés le fait d'être observé : un individu agira davantage selon ce qu'il pense être l'attente de l'observateur qui accède à l'information sur son action et son comportement⁵⁸. Le citoyen sera ainsi de plus en plus membre d'une société de contrôle aux goûts, habitudes et comportements uniformisés. Les réglementations et législations intégreront sans doute cette redéfinition implicite de la sphère privée en garantissant la protection de certaines valeurs fondamentales, telle que l'intégrité corporelle, une relative anonymisation des informations, le recours au consentement informé, etc. Pourtant, il est indéniable que le rapport public-privé et le jugement éthique que l'on porte sur les différents aspects de la circulation de l'information continueront à évoluer au fur et à mesure de la généralisation des applications des nanotechnologies de l'information.

Un principe éthique fondamental dont il convient d'assurer le respect est celui garantissant la « possibilité d'éteindre » un dispositif technique quelconque. C'est l'équivalent même de la réversibilité potentielle de l'implantation d'un dispositif dans le corps humain. Le contrôle de sa propre insertion au sein d'un réseau ou du fonctionnement d'un appareil

⁵⁷ M. Foucault, *Surveiller et punir – naissance de la prison*, Paris, NRF, 1975.

⁵⁸ Cf. European Parliamentary Technology Assessment, *Report on ICT and Privacy in Europe*, 2006.

technique, qu'il soit implanté dans son corps ou extérieur à celui-ci, doit demeurer entre les mains de l'individu.

V.7 La communication sur les nanotechnologies en tant que problème éthique

L'enjeu éthique de la communication sur les nanotechnologies tient à l'écart entre la modestie des réalisations nanotechnologiques aujourd'hui disponibles sur le marché, dont l'importance sociétale ne doit pas être exagérée, et les promesses et les visions futuristes qui font le vif du débat à tous les niveaux⁵⁹. Il serait trop facile de qualifier le *hype* de distraction ou de confusion gratuite. Ce discours sur l'amélioration de l'homme ou l'apparition du « post-homme », dont la nature serait différente par suite du passage à une nouvelle forme d'humanité aux capacités améliorées, agrandies par la technologie⁶⁰, soulève, malgré son caractère fictif, des questions éthiques : les visions transhumanistes influencent l'imaginaire de la société, des étudiants et de certains chercheurs⁶¹, et ont donc une incidence sur les politiques de recherche, notamment aux États-Unis.

Les visions actuelles sont peut-être semblables à de la science-fiction de la même manière qu'un sous-marin ou un avion l'étaient au XIX^e siècle. Promues par des futurologues « excités » (souvent issus des rangs de l'intelligence artificielle), elles fixent un avenir donné, jugé radieux et éthiquement souhaitable, sans prendre en compte la contingence de l'évolution de l'homme, de la technique et de l'éthique. Les hasards de la vie occupent cependant une place centrale dans le jugement éthique. Par contre, l'emploi du terme *loi* (« loi de Moore ») présuppose qu'il n'existe pas de moyen d'échapper à l'avenir prophétisé par les transhumanistes. Conjurer le hasard en prononçant à la va-vite un jugement moral définitif à propos d'un

⁵⁹ Cf. J.-C. Ameisen et C. Burlet (rapporteurs), *Questions éthiques posées par les nanosciences, les nanotechnologies et la santé*, Avis 96 du Comité Consultatif National d'Éthique pour les Sciences de la Vie et de la Santé, Paris, 2007. S. Woods, R. Jones and A. Geldart, *The social and economic challenges of nanotechnology*, Report to the UK Economic and Social Research Council, 2003.

⁶⁰ Cf. *The ethics and politics of nanotechnology*, UNESCO report, 2006.

⁶¹ Voir études présentées dans: M. Kearnes, *(Re)making matter: design and selection*, 2007, à paraître.

avenir prétendument inéluctable réduit la portée réaliste et la pertinence éthique du discours transhumaniste et de tout autre discours futuriste⁶².

Néanmoins, par l'effet qu'il a sur l'imagination de certains, le discours transhumaniste exerce aussi une influence sur certaines décisions personnelles (un jeune étudiant voudra-t-il faire de la recherche dans telle direction plutôt que dans telle autre?) aussi bien que sur le monde économique pour qui le gonflement des promesses associées à la recherche n'est qu'une stratégie de marketing. Aux Etats-Unis, principalement dans la Silicon Vallée, se noue une alliance implicite entre ingénieurs-visionnaires, auteurs de science-fiction, entrepreneurs et transhumanistes, alliance dans laquelle la technologie est souvent présentée comme force unidirectionnelle, mystérieuse et autonome, qui modèle la société à sa guise⁶³.

Malgré la simplification drastique propre au *hype*, l'écarter comme une pure fiction dénuée de pertinence serait une attitude contre-productive. Pour mener avec succès le combat au niveau de l'imaginaire, il convient de montrer que la recherche reconnaît l'importance de la fiction et du mythe, qu'elle est en mesure d'utiliser la différence entre la science et la fiction, et qu'elle peut introduire dans le discours éthique des récits mythologiques permettant de mieux cerner les problématiques éthiques actuelles. Par exemple, il est possible de démystifier les visions dystopiques en tirant parti du mythe du golem pour sensibiliser à l'éthique de la recherche responsable. Ignorer le transhumanisme et le *hype* en général conduirait à leur laisser le champ libre dans l'imagination. Pour contrer une tendance qui dérape, il faut mettre en place une action équivalente, capable d'atteindre les mêmes couches qu'elle au sein des imaginaires individuels ou collectifs. Par exemple, des passerelles avec l'art, qui est déjà une recherche d'équilibre entre virtuosité technique et puissance symbolique, seraient à explorer pour éveiller la sensibilité du public à la dimension affective de la recherche technologique.

⁶² Cf. A. Nordmann, *If and Then: A Critique of Speculative Nanoethics*, *Nanoethics*, vol.1, 2007, à paraître.

⁶³ Cf. J. Schummer, *Societal and Ethical Implications of Nanotechnology: Meanings, Interest Groups, and Social Dynamics*, *Techné* 8(2), pp. 56-87, 2004.