



## **Quelles sciences (de la matière) pour demain ?**

*Document de prospective pour le Grand Lyon, mai 2005*

**Pablo Jensen (chercheur au CNRS, Lyon)**

*En prenant comme exemple une science particulière, la physique de la matière, je dégage quelques caractéristiques essentielles de la démarche scientifique. Ces éléments sont ensuite utilisés pour dresser un état des lieux des relations entre sciences et société. Enfin, je propose des mécanismes de dialogue avec les citoyens, indispensables pour bâtir une recherche durable, digne d'une démocratie.*

### **I - Une science de la matière ?**

La physique de la matière n'existe que depuis une cinquantaine d'années. C'est dire la jeunesse de cette science par rapport à la familiarité millénaire de l'humanité avec les matériaux, qui ont toujours revêtu une énorme importance technologique. Ainsi, les différents âges de l'humanité portent les noms des substances qu'elle a progressivement maîtrisés. A l'évidence, on n'a pas eu besoin de la physique pour manipuler efficacement la matière. Pourtant, ces dernières décennies ont amplement démontré l'incroyable pouvoir que confère la connaissance scientifique : le seul exemple de la révolution électronique, fille de la physique des matériaux, suffirait à en rendre compte. Si d'autres grandes civilisations ont su maîtriser la matière et développer une technologie souvent supérieure à la technologie occidentale, on peut affirmer qu'aucune n'aurait pu créer une industrie électronique. Comment expliquer un tel succès ? Pourquoi la connaissance empirique qui avait toujours prédominé ne pouvait conduire à de telles réalisations ? Pour le comprendre, penchons-nous sur la spécificité des sciences modernes.

Au début du 17<sup>ème</sup> siècle, Galilée déclencha la révolution scientifique en décidant de bâtir une compréhension du monde ne s'appuyant que sur les mathématiques, pour des raisons qu'il expose clairement dans ses *Dialogues sur les deux plus grands systèmes du monde* (1632). Il part du constat que la connaissance qu'ont les hommes de la Nature est très imparfaite, et infiniment inférieure à celle de Dieu. Par exemple, l'agriculteur sait optimiser la culture des plantes, mais il est loin de savoir, comme Dieu, amener la matière de la plante à utiliser à bon escient le sol et le soleil pour prendre telle ou telle forme précise, engendrer des fruits, etc. Il existe pourtant, explique Galilée, un domaine où la connaissance des hommes est comparable à la Sienne : les mathématiques. En effet, nous sommes capables de prouver certains résultats de manière irréfutable, et nous connaissons parfaitement les propriétés des objets géométriques. Notre connaissance des mathématiques est donc parfaite, incontestable, et doit servir de modèle pour la connaissance de la Nature en général. Ainsi, comprendre un phénomène physique consistera à le

*transformer* en un problème mathématique puis à le résoudre en utilisant les outils fiables de cette discipline.

Le mérite essentiel de Galilée consista à appliquer cette idée à la chute des corps. Grâce à une combinaison d'expérimentation contrôlée (le plan incliné) et d'idéalisation conceptuelle (non prise en compte du frottement), il parvint à mathématiser la chute de certains corps. Le succès de son entreprise est patent, puisque aujourd'hui – 400 ans après ses travaux – son approche n'a pas été dépassée, et est toujours enseignée à l'école. Voilà bien un exemple de connaissance parfaite, pouvant servir d'exemple ! On connaît la suite de l'histoire : moins d'un siècle après Galilée, Newton mathématisa avec autant de succès la course des astres. Son astuce consista à traduire les causes des mouvements des planètes en termes mathématiques, grâce aux fameuses lois du mouvement et de la gravitation universelle. Sa mécanique céleste sembla vaciller au début du 19<sup>ème</sup> siècle, lorsque des mesures de la position d'Uranus contredirent ses prédictions. Mais Le Verrier, confiant dans la méthode, postula l'existence d'une planète jusque-là inconnue, qui perturberait la position d'Uranus, et donna avec une assez grande précision sa position. On découvrit alors une nouvelle planète, Neptune. L'approche mathématique semblait irrésistible.

C'est cette même démarche que tente de mener à bien aujourd'hui la physique de la matière. Newton lui-même avait d'ailleurs proposé clairement d'étendre ses succès astronomiques à l'étude de la matière, dans sa préface de l'édition de 1726 des *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*. Postulant l'existence de petites particules incassables (parce que créées par Dieu) comme constituants ultimes, il ajoute : « Il serait à désirer que les autres phénomènes que nous présente la Nature, puissent se dériver aussi heureusement [que l'astronomie] des principes mécaniques : car plusieurs raisons me portent à soupçonner qu'ils dépendent tous de quelques forces dont les causes sont inconnues, et par lesquelles les particules des corps sont poussées les unes par les autres et s'unifient en figures régulières, ou sont repoussées et se fuient mutuellement ; et c'est l'ignorance où l'on a été jusqu'ici de ces forces, qui a empêché les [physiciens] de tenter l'explication de la nature avec succès ». Fidèle à la démarche Galiléenne, Newton propose de transformer tout problème concernant la Nature en un problème mathématique, traduit par les positions de ces particules et leurs forces, grandeurs qui s'expriment mathématiquement.

Newton faisait preuve là d'un optimiste fondé mais osé : l'étude de la matière nous confronte en effet à une multitude de phénomènes qu'il est impossible de classer aussi facilement que ceux, beaucoup plus réguliers, des ciels. Songeons à la pluie qui parfois devient neige, aux goûts très différents du vin et du lait, à la maturation et au pourrissement des fruits, à la difficulté de fondre les métaux. Il fallut trois siècles pour que la voie suggérée par Newton commence à porter ses fruits, pour qu'on découvre ses « particules » (les atomes) ainsi que les forces qui s'exercent entre elles. L'exemple le plus éclatant de l'intérêt de la mathématisation de la matière est sans doute donné par la révolution de l'électronique.

### ***Le triomphe de la physique de la matière***

Ces dernières années, des machines aussi puissantes que mystérieuses ont envahi notre quotidien. Fruits de la révolution électronique, les ordinateurs qui ont enfanté Internet, les

platines laser ou les téléphones portables ont bien changé nos habitudes. En 1998, le marché des composants électroniques a d'ailleurs dépassé celui de l'automobile au premier rang mondial.

Au cœur de cette révolution : un dispositif imaginé voici 50 ans par les physiciens des matériaux, le transistor. Tout commence en 1931, lorsque le chercheur britannique Alan Wilson prédit l'existence de matériaux dits "semi-conducteurs", car ils auraient une conductivité intermédiaire entre celle des métaux et celle des isolants comme le verre. Cette conductivité pourrait en outre être facilement modifiée par l'ajout d'infimes quantités d'impuretés. Pourtant, comme l'admet Alan Wilson à la fin de son article : " Du point de vue expérimental, l'existence ou l'inexistence des semi-conducteurs demeure une question ouverte. Du point de vue théorique, il n'y a pas de raison pour interdire leur existence. Expérimentalement, cependant, les seules substances qui présentent des caractéristiques semi-conductrices convaincantes sont très impures, et il se pourrait [qu'il s'agisse d'isolants] ”.

Ces spéculations intéressèrent les ingénieurs de la Bell, la grande compagnie de téléphonie. Ceux-ci recherchaient des dispositifs permettant d'amplifier efficacement les courants électriques, pour transmettre les conversations d'une côte à l'autre des Etats-Unis. Les semi-conducteurs prédits par Wilson semblaient séduisants, de par la facilité avec laquelle leurs caractéristiques électriques pouvaient être modulées. Grâce à un contrôle précis du comportement des électrons, on pouvait envisager des dispositifs beaucoup plus compacts et rapides que les lampes à vide utilisées jusqu'alors. En imaginant sur le papier des combinaisons de divers types de matériaux et en calculant leurs propriétés d'amplification, on parvint ainsi à réaliser des transistors à une très petite échelle (le millième de millimètre). Cela permit de créer des systèmes comportant un nombre énorme de transistors sur une toute petite surface. Du coup, bien que l'action de chaque transistor soit simple, la combinaison astucieuse d'un nombre astronomique d'entre eux permet de créer des comportements complexes. Les performances des ordinateurs ont véritablement explosé, gagnant un facteur un milliard en 50 ans, ce qui représente une performance technologique unique : imaginons une voiture ayant augmenté sa vitesse dans les mêmes proportions...

Aujourd'hui, une nouvelle révolution se prépare dans les laboratoires, mobilisant des milliards de dollars et des milliers de chercheurs. Il s'agit des nanotechnologies, qui exploitent le contrôle de la matière à l'échelle du *nanomètre*, le milliardième de mètre. Ces nanotechnologies sont en partie les héritières de la course à la miniaturisation de l'électronique, et visent en premier lieu à continuer l'explosion de la puissance de calcul. Mais un contrôle aussi fin de la matière permet d'envisager de nombreuses applications dans d'autres domaines : la médecine (traitements ciblés par nanocapsules), la biologie (manipulation de l'ADN), les nouveaux matériaux (nanotubes de carbone, plus résistants que l'acier et bien plus légers) ou bien encore l'environnement (dépollutions plus efficaces grâce à des nanocatalyseurs).

Cependant, la révolution des nanotechnologies devra franchir de nombreux écueils avant de devenir réalité. D'abord parce que les phénomènes physiques mis en jeu lorsque la taille des composants électroniques approche les quelques nanomètres changent radicalement : la mécanique quantique, qui régit le comportement de la matière à l'échelle de l'atome, impose ses lois, rendant caducs les principes de fonctionnement des transistors "conventionnels". A l'échelle

de quelques nanomètres, les électrons peuvent circuler par effet tunnel et il devient difficile de contrôler le passage du courant. De même, les mémoires magnétiques ne fonctionnent plus car la barrière énergétique qui permet à chaque domaine de rester bloqué sur l'état "0" ou "1" (donc de garder mémoire des données) devient inférieure à l'énergie d'agitation thermique à température ambiante.

Ensuite, les procédés actuels de fabrication de ces composants, qui consistent à prendre un morceau de semi conducteur et à le graver selon des motifs de plus en plus petits, atteignent leurs limites : il devient de plus en plus difficile et onéreux de trouver des "couteaux" à l'échelle nanométrique. Cette logique de production, dite de "sculpture" ou du "haut vers le bas" (*up-down*) cède la place à une logique d'assemblage ou du "plus petit vers le plus grand" (*bottom-up*), consistant à partir de l'atome ou de la molécule pour "assembler" les composants désirés. Véritable jeu de lego à l'échelle de l'atome, il est aujourd'hui possible de manipuler, déplacer, assembler les atomes un par un de façon à construire des édifices aux fonctionnalités désirées. Cependant, cette approche est lente et difficile à appliquer à grande échelle. Plus prometteuse semble l'utilisation des phénomènes d'*auto-organisation* de la matière, proches de ceux observés dans les organismes vivants, qui permettraient la réalisation en parallèle d'un grand nombre de composants élémentaires. Par exemple, un oursin fabrique des structures parfaitement ordonnées au niveau atomique - ses épines - et ce dans un environnement qui est aux antipodes du monde propre et contrôlé des physiciens. On pourrait également utiliser des molécules biologiques (comme les protéines) qui s'auto-organiseraient, engendrant de véritables échafaudages sur lesquels on pourrait greffer des matériaux semi-conducteurs, intéressants pour l'électronique. Enfin, il y a tout intérêt à s'inspirer des travaux des chimistes, en essayant d'utiliser des molécules qui possèdent naturellement une structure analogue à celle d'un transistor (les nanotubes par exemple), pour développer la *nanoélectronique moléculaire*.

On l'aura compris : la réalisation effective de dispositifs à l'échelle nanométrique requiert une étroite collaboration entre la physique, la chimie et la biologie. De telles collaborations pluridisciplinaires ne sont pas faciles dans un monde académique structuré par des disciplines. Il faudra de l'imagination aux organismes et aux collectivités territoriales pour casser ces barrières<sup>1</sup>. Il est clair en tout cas que l'approche physicienne, héritée de Galilée, qui part d'objets contrôlés, purifiés, ne semble pas capable, à elle seule, de relever ce défi. Pour mieux comprendre les limitations de cette approche, et se forger une opinion fondée du devenir de la physique de la matière, il est essentiel de revenir sur la *success story* de la révolution électronique, en explicitant, cette fois, les points aveugles de la démarche des physiciens.

### ***Les limites de la physique de la matière***

Revenons d'abord sur l'histoire du transistor. Les physiciens de la Bell imaginèrent un grand nombre de dispositifs d'amplification en s'inspirant des calculs des théoriciens. Cependant, toutes ces tentatives se soldèrent dans un premier temps par des échecs. Les physiciens pouvaient

---

<sup>1</sup> On parle beaucoup d'interdisciplinarité, mais on en fait assez peu (parmi les quelques exceptions, citons les Commissions Interdisciplinaires du CNRS) et on y réfléchit encore moins (une perle rare : <http://www.cnrs.fr/comitenational/conseil/exposes/Pestre.pdf>, consulté le 4 mai 2005).

bien imaginer tous les systèmes qu'ils voulaient, leurs croquis resteraient une sorte de masturbation mentale tant que les matériaux qui devaient les concrétiser resteraient capricieux. Pour que les dispositifs idéaux imaginés par les théoriciens puissent être inscrits dans la matière, il fallait créer une matière *artificielle*, aux propriétés contrôlées et conformes à leurs attentes. Pour la même raison, Galilée avait échoué à appliquer sa physique mathématique aux propriétés des matériaux, même les plus élémentaires (leur cohésion, leur résistance à la rupture). La fragilité de ces matériaux parfaits est bien illustrée par l'exemple suivant. Au début des années cinquante, alors que des procédés fiables pour produire en masse des transistors semblaient en place, les laboratoires Bell furent confrontés à d'énormes problèmes de fiabilité, paralysant la production. Les ingénieurs les attribuèrent en plaisantant à de mystérieux atomes de « mortium », impuretés censées « tuer » les propriétés des semi-conducteurs. Après des mois d'inquiétude et d'errements, on découvrit qu'il s'agissait d'infimes quantités de cuivre provenant des poignées des portes des ateliers, que des techniciens peu habitués aux conditions drastiques exigées par la manipulation des transistors avaient transportées jusqu'à la surface du semi conducteur. Ce n'est pas un hasard si aujourd'hui les salles blanches, aux conditions de pureté draconiennes, sont de rigueur chez les fabricants.

Bien sûr, il est très difficile (et cher !) de purifier, de normaliser la matière, mais c'est un luxe qu'on ne peut refuser aux physiciens sans les handicaper sérieusement. Il est en effet presque impossible de faire une science générale applicable à des objets peu contrôlés, et qui ont des propriétés variables : songeons aux difficultés des médecins ou des nutritionnistes pour déterminer des règles générales qui seraient applicables à tous les individus. Nous sommes tous différents et réagissons conformément à notre constitution : une solution adaptée à l'un n'est pas forcément utile à quelqu'un d'autre. C'est un cauchemar pour le physicien, qui aime que tous les corps réagissent de la même façon, mais la nature est ainsi faite... Il faut donc trouver des compromis, qui détermineront en partie ce que la physique sera capable d'accomplir, sa pertinence pour notre société.

Ce besoin de simplification impose des limites à la compréhension du monde par les physiciens. D'abord, tout bêtement, par le coût qu'entraînent ces transformations. Ainsi, on peut acheter du silicium standard, garanti pur à 99%, pour 30 euros les 100 grammes. Mais si on veut le même poids de silicium parfaitement ordonné et garanti pur à 99,9995%, il faudra déboursier une bonne centaine d'euros. Le silicium représente pourtant une (heureuse) exception, car les autres matériaux sont plus difficiles à purifier et reviennent beaucoup plus cher ! La technologie de fabrication des circuits électroniques actuels, qui exige des conditions extrêmes de pureté, entraîne aussi des coûts de plusieurs millions d'euros, ce qui oblige les industriels à des regroupements pour supporter les énormes investissements. Cette matière artificielle, chère aux physiciens, ces matériaux parfaitement cristallins et très purs ne constituent donc plus une pure abstraction, du moins si l'on se trouve à l'intérieur du réseau technologique occidental. En dehors, faire de la physique expérimentale est une toute autre histoire ! Ce n'est pas un hasard si les rares pays du tiers-monde qui font de la physique sont surtout réputés pour leurs théoriciens...

Autre écueil : la compréhension de phénomènes simplifiés en laboratoire ne donne aucune garantie de réussite en ce qui concerne la matière réelle. Par exemple, des domaines

proches de la chimie comme la corrosion et la catalyse résistent à l'approche des physiciens. Dans ces deux domaines, le fait de partir de situations idéales, avec peu de molécules (dans un vide très poussé) et des surfaces très contrôlées n'éclaire pas énormément les phénomènes réellement intéressants, qui impliquent un nombre énorme de molécules. Ainsi, la catalyse industrielle se fait sous des pressions plusieurs milliards de fois plus fortes que dans les études fondamentales, mais il est alors impossible aux physiciens de contrôler quoi que ce soit. Leur stratégie habituelle, consistant à diviser un problème compliqué en plusieurs problèmes simples et les étudier séparément n'a pas encore fourni de résultats très probants dans ces domaines.

Enfin, la presque totalité de la matière réelle présente des structures très compliquées à l'échelle atomique. Même en oubliant les impuretés, on se trouve en général bien loin du solide parfaitement ordonné, et dans ce cas aussi les physiciens sont pris à contre-pied. Les matériaux amorphes, qui constituent pourtant l'immense majorité de la matière à l'état naturel, sont encore mal compris. Ainsi, l'un des sujets les plus mystérieux de la physique concerne la formation des banales vitres des fenêtres : nul ne sait encore ce qui se passe exactement à l'échelle atomique... Les matériaux organiques, qui présentent une hiérarchie très complexe d'organisation à différentes échelles, sont aussi difficiles à appréhender, car ils exigent une description trop fine des différents niveaux. L'étude de ces matériaux, impossibles à ordonner sans détruire ce qui fait leur intérêt, force les physiciens à inventer de nouvelles façons d'aborder la matière. Pour cela, l'ouverture vers d'autres approches disciplinaires est évident, comme dans le cas des nanosciences.

## **II Des sciences démocratiques ?**

L'importance du dialogue avec les disciplines proches, comme la chimie ou la biologie, est aujourd'hui bien acceptée, au moins dans le principe, par les chercheurs. Je voudrais suggérer que l'ouverture doit aller plus loin, y compris dans directions qui susciteront de nombreuses réticences, même sur le principe. Pourtant, on peut parier que sans cette ouverture, les *nanoobjets* risquent bien de finir, avec les OGM, dans le panthéon des objets les plus détestés par la société. Puisque le but avoué des nanosciences est d'arroser la société de ses produits, il peut sembler naturel de demander l'avis des bénéficiaires supposés. Pourquoi ne pas étendre alors la logique d'ouverture jusqu'à la société ? Et comment le faire ? Avant d'esquisser quelques pistes dans cette direction, dressons un rapide tableau des rapports entre sciences et société.

Contrairement aux idées reçues, le public a confiance en la recherche. Mais on observe depuis quelques années une érosion de la confiance dans les retombées de la science, et une certaine inquiétude quant aux collusions possibles entre les institutions de la recherche et la sphère marchande. A la différence des mouvements anti-science d'antan, les réticences actuelles sont le fait des couches sociales urbaines éduquées bénéficiaires du « progrès ». Le public adresse aux scientifiques une demande non seulement d'information mais aussi de dialogue, qui ne doit pas être interprétée par la communauté scientifique comme une attaque. L'information, si elle

reste indispensable et encore largement insuffisante<sup>2</sup>, doit être complétée par deux autres voies : le « modèle du débat public » et le « modèle de la coproduction des connaissances » entre chercheurs et société civile. Nous sommes en effet entrés dans une société de la connaissance disséminée. C'est de toute sa trame qu'émergent les savoirs et les innovations qui font la cohésion sociale et la productivité de notre société. On voit par exemple des associations de malades du SIDA co-élaborer les protocoles d'essais thérapeutiques avec les chercheurs. Avec le logiciel libre, on voit monter une technologie née, en marge des modèles standards de l'innovation, de la libre coopération de passionnés<sup>3</sup>. Si la recherche institutionnalisée et professionnalisée doit garder un rôle clé, elle devra aussi savoir se faire animatrice et catalyseur des dynamiques de productions de connaissance et d'innovation venant de la société. Une recherche repliée sur elle-même peut porter préjudice à la recherche elle-même, à l'innovation et à la société française dans son ensemble.

### ***La crise de l'expertise***

Avant de proposer des initiatives concrètes de dialogue autour des (nano)sciences, il faut comprendre pourquoi le modèle classique, qui part des connaissances scientifiques pour en tirer les décisions, est aujourd'hui en crise. La première raison, bien connue, concerne le savoir des experts, qui n'est souvent pas aussi assuré qu'on le voudrait. Les exemples ne manquent pas. On peut citer l'amiante, molécule miracle pour l'isolation qui s'est finalement révélée dangereuse pour les poumons ou bien les chlorofluorocarbones (cfc), qui ont été beaucoup utilisés car ils semblaient parfaitement inoffensifs de par leur grande inertie chimique : ils sont tout de même devenus une menace quand cette insensibilité leur a permis de s'accumuler dans la stratosphère où, à la surprise générale, ils ont finalement été dégradés par les rayons ultraviolets, contribuant grandement au trou de la couche d'ozone. Difficile aujourd'hui de croire les paroles rassurantes des experts à propos des OGM, des déchets nucléaires ou des nanotechnologies...

Comment expliquer ces erreurs, alors que les connaissances scientifiques fondamentales - celles qu'on apprend à l'école, comme la gravitation, les atomes ou l'ADN - semblent si assurées ? Il serait trop facile d'y voir seulement le signe de compromissions d'experts peu honnêtes, ignorant volontairement des faits qui ne les arrangeraient pas. En fait, ces inévitables errements sont inscrits dans la démarche Galiléenne. En effet, une grande partie de l'intelligence des sciences modernes réside dans l'invention de ce lieu fermé où les problèmes peuvent être simplifiés et analysés en toute quiétude, canalisant ainsi les tâtonnements et les erreurs inhérents à l'élaboration d'un savoir véritablement nouveau : il s'agit bien sûr de ce lieu méconnu du grand

---

<sup>2</sup> Une étude des activités de vulgarisation menée auprès de 10403 chercheurs du CNRS nous apprend que les trois quarts ne vulgarisent jamais. Il existe en fait trois sous populations de chercheurs : cette « majorité silencieuse », la minorité ouverte (21% des chercheurs qui communiquent 1 à 2 fois par an) et enfin, quelques chercheurs (3%) font de la vulgarisation de manière semi-professionnelle (6 par an, représentant 30 % de l'ensemble des actions de vulgarisation). Pour plus de détails, voir P. Jensen, « Who's helping to bring science to the people ? » *Nature* **434** 956 (21 avril 2005)

<sup>3</sup> Pour plus de détails sur ces initiatives, on consultera le site de l'association « Sciences Citoyennes » ([www.sciencescitoyennes.org](http://www.sciencescitoyennes.org)) ainsi que le rapport Futuris, [http://www.operation-futuris.org/images/gd3\\_rapport.pdf](http://www.operation-futuris.org/images/gd3_rapport.pdf) (sites consultés le 29 avril 2005).

public, le *laboratoire*. L'habileté des scientifiques à choisir des problèmes qui peuvent être "stabilisés" puis élucidés à l'intérieur du laboratoire est incontestable. Nous avons vu les exemples de Galilée, qui sut dompter certains types de mouvement grâce aux plans inclinés<sup>4</sup>, et des physiciens de la matière qui parvinrent à "discipliner" suffisamment le silicium pour lancer la révolution électronique<sup>5</sup>. Il est cependant rare qu'un tel savoir puisse être "appliqué" sans transformation à l'extérieur du laboratoire, dans le monde "réel". Les faits scientifiques ne sont a priori fiables que dans le cocon protecteur des laboratoires. Pour qu'on puisse extrapoler cette fiabilité à notre monde commun, il faut que ce dernier ait été transformé, soit devenu une extension d'un laboratoire<sup>6</sup>. De la même manière, une "preuve" scientifique n'est en toute rigueur valable que dans un contexte précis, dans certaines conditions bien contrôlées, et sa pertinence dans une situation différente, dans notre monde confus doit être démontrée au cas par cas.

Fait assez nouveau pour le public, les scientifiques sont souvent en désaccord entre eux. A quel expert se fier alors ? Il n'y a pourtant rien là d'inhabituel pour qui fréquente les laboratoires : les chercheurs sont très souvent en désaccord sur ce qui constitue le front de la recherche dans un domaine, et il ne peut en être autrement ! Au contraire, un débat aussi ouvert que possible est partie intégrante de l'efficacité des sciences. La nouveauté réside dans l'apparition sur la place publique, hors des laboratoires, de cette facette essentielle du métier de chercheur. C'est que l'action de l'homme est désormais devenue capable de perturber l'ensemble du globe. Du coup, les phénomènes à étudier ont une extension véritablement planétaire et impliquent de nombreuses disciplines scientifiques. Les chercheurs ont alors du mal à en trouver un "modèle réduit" qu'ils pourraient étudier, en toute quiétude, dans les laboratoires. Ils sont donc contraints d'étaler leurs controverses sur la place publique. Autre conséquence de ces débordements hors du laboratoire : les expériences doivent être faites *grandeur nature*, (songeons aux essais OGM en plein champ ou à l'évolution du climat) avec tous les risques que cela comporte. Pour que la société puisse assumer démocratiquement ces risques, il faut qu'elle les ait choisis en toute connaissance de cause !

### ***Ouvrir les (nano)sciences sur la société***

Il convient donc de trouver d'autres voies, ne reposant plus exclusivement sur les experts, pour décider collectivement dans quel monde, dans quelle *technonature* nous voulons vivre. Des expérimentations fleurissent un peu partout, qu'il faut favoriser pour aboutir à une palette d'instances de dialogue possible. Citons-en quelques-unes parmi les plus intéressantes :

1. Sur les nanosciences : pour aboutir à un dialogue constructif, de toute évidence manqué lors du lancement des OGM, les initiatives des organismes de recherche se multiplient. Aux Etats-Unis, une partie des budgets des nanotechnologies est consacré à des études de leur impact,

---

<sup>4</sup> "L'invention des sciences modernes" d'Isabelle Stengers, Champs Flammarion, 2000.

<sup>5</sup> Pablo Jensen, "Des atomes dans mon café crème : la physique peut-elle tout expliquer ?", Le Seuil, Points Sciences, 2004

<sup>6</sup> Bruno Latour, "La Science en Action", Gallimard, Folio Actuel, 1995.

menés par des équipes des sciences humaines et sociales<sup>7</sup>. La Royal Society de Londres a publié des rapports sur ce sujet, suite aux inquiétudes exprimées par le prince Charles<sup>8</sup>. La France bouge enfin, avec la création au CNRS d'une Commission Interdisciplinaire « Impacts sociaux et développement des nanotechnologies », mêlant physique, chimie et sciences humaines et sociales.

2. Plus généralement, des initiatives originales permettent de donner la parole aux citoyens autour des choix scientifiques et techniques. Dans ce domaine, les institutions françaises sont en retard par rapport à certains pays Européens. Ainsi, on pourra se reporter aux sites Internet de l'Académie Royale britannique ou de l'Union Européenne pour des débats riches entre scientifiques et société civile<sup>9</sup>. Citons également :

- Depuis 8 ans, des chercheurs et des citoyens discutent des choix scientifiques dans une ambiance conviviale, lors des nombreux cafés des sciences qui se tiennent partout dans le monde<sup>10</sup>.
- Plusieurs conseils régionaux (Ile de France, Rhône-Alpes...) ont clairement affiché la volonté d'organiser des conférences citoyennes<sup>11</sup>, réunissant et confrontant profanes et experts, sur tout sujet litigieux d'importance collective.
- La fondation « Sciences Citoyennes » a organisé un Forum sur la recherche publique et le droit d'ingérence de la société civile qui a fait un point utile sur la question<sup>12</sup>. Il a notamment été question de « Partenariats Institutions et Citoyens pour la Recherche et l'Innovation », qui visent à permettre à des associations de mener des recherches en collaboration avec des laboratoires publics.
- Il a été suggéré, dans un rapport sur la culture scientifique au CNRS<sup>13</sup>, que tout programme de recherches consacre une part de son financement à des actions d'information et de médiation : une sorte de "1 %" culturel de la recherche, qui est aujourd'hui pratiqué par certaines fondations britanniques. Il serait aussi intéressant d'introduire des représentants de la société civile dans le conseil d'administration pour lui permettre de suggérer des pistes de recherche.

---

<sup>7</sup> <http://www.nano.gov/html/research/nnicg.html>, consulté le 29 avril 05.

<sup>8</sup> <http://www.royalsoc.ac.uk/landing.asp?id=1210>, consulté le 29 avril 05.

<sup>9</sup> Pour l'Union Européenne, voir [http://europa.eu.int/comm/research/science-society/index\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/research/science-society/index_en.html). Pour la Royal Society, voir <http://www.royalsoc.ac.uk/page.asp?id=1140> (sites consultés le 29 avril 2005).

<sup>10</sup> Voir le site du café lyonnais, pionnier mondial ([www.1001-sciences.org](http://www.1001-sciences.org)) ainsi que le site mondial <http://www.cafescientifique.org/>.

<sup>11</sup> [http://sciencescitoyennes.org/article.php3?id\\_article=63&var\\_recherche=conf%E9rence](http://sciencescitoyennes.org/article.php3?id_article=63&var_recherche=conf%E9rence)

<sup>12</sup> [http://sciencescitoyennes.org/article.php3?id\\_article=1311](http://sciencescitoyennes.org/article.php3?id_article=1311), consulté le 29 avril 05.

<sup>13</sup> Chantier « Culture Scientifique et communication vers le grand public », groupe mené par P. Jensen. Le rapport a été rendu au Directeur Général le 8 avril 05 et devrait bientôt être disponible sur Internet.