



MISSION AGROBIOSCIENCES

Les restitutions de la Conversation
de la Maison Midi-Pyrénées

« Nanosciences et nanotechnologies : tous les ingrédients d'un débat explosif ? »

SEANCE DU 25 OCTOBRE 2006

Premier volet des deux séances consacrées aux questions et problèmes que posent les nanosciences et nanotechnologies au niveau de la société.

Séance introduite par **Jean-Pierre Launay**, chimiste, directeur du Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (Cemes), unité propre du Cnrs, et Professeur à l'Université Paul Sabatier, Toulouse. Et par **Lionel Larqué**, administrateur de la Fondation Sciences Citoyennes, co-rédacteur du rapport « *Démocratie locale et maîtrise sociale des nanotechnologies : les publics grenoblois peuvent-ils participer aux choix scientifiques et techniques ?* », pour la Métro, Communauté de communes de l'agglomération grenobloise (octobre 2005).

Edité par la Mission Agrobiosciences. La Mission Agrobiosciences est financée dans le cadre du Contrat de Plan Etat-Région (Conseil Régional Midi-Pyrénées et Ministère de l'Agriculture et de la Pêche).

Retrouvez nos autres publications sur notre site : <http://www.agrobiosciences.org>

Contact

Mission Agrobiosciences
ENFA BP 72638
31 326 Castanet Tolosan.
Tél : 05 62 88 14 50
Fax : 05 62 88 14 51

lucie@agrobiosciences.com





La Conversation de la Maison Midi-Pyrénées est une initiative menée par la Mission Agrobiosciences et la Maison Midi-Pyrénées (1 rue Rémusat, Toulouse) dont l'objectif est de clarifier les situations de blocage sciences et société.

Conçue à la manière d'un forum hybride privilégiant les échanges de points de vue et d'expériences, la Conversation de la Maison Midi-Pyrénées réunit tous les deux mois – un mercredi de 18h00 à 20h00 – un cercle interdisciplinaire composé de chercheurs de toutes disciplines, de représentants d'associations de consommateurs, d'élus, d'étudiants et d'universitaires. L'ensemble de ces acteurs sont conviés à instruire une question qui fait débat, afin de produire des pistes sérieuses pour éclairer les débats en cours et contribuer à l'aide à la décision publique.

Liste des membres de la Conversation de la Maison Midi-Pyrénées du 25 octobre 2006

Séance animée par **Valérie Péan**, Mission Agrobiosciences.

Alain Bénéteau, Conseiller régional Midi-Pyrénées ; **Sylvie Berthier**, Mission Agrobiosciences ; **Pierre Blanc**, Praticien Hospitalier, Conseiller médical à l'ARH Midi-Pyrénées ; **Pascal Bordier**, étudiant en physique ; **Georges Bourrouillou**, praticien hospitalier, service de génétique médicale ; **Arlette Bouzon**, chercheur au Lerass ; **Michèle Brost**, professeur de Chimie ; **Denis Corpet**, Directeur de l'équipe Aliment et Cancer, UMR Xénobiotiques ToulouseInra/Envt ; **Pierre Dedieu** ; **François Delpla**, Mission Agrobiosciences ; **Patrick Denoux**, directeur de l'Unité de Recherche en Psychologie Interculturelle, Université Toulouse-Le Mirail ; **Alexandra Faure**, étudiante ; **Jean-Claude Flamant**, directeur de la Mission Agrobiosciences ; **Rose Frayssinet**, vice-présidente des Amis de la Terre ; **Monique Granger** ; **Michel Grossetti**, sociologue, Centre d'études des rationalités et des savoirs, Université Toulouse-Le Mirail ; **Christian Hiller**, délégué régional de l'Agrépi (association d'ingénieurs) ; **Charles Julie**, ancien directeur de l'agriculture du Conseil Régional Midi-Pyrénées ; **Lionel Larqué**, administrateur de la Fondation Sciences Citoyennes ; **Jean-Pierre Launay**, directeur du CEMES (Cnrs) ; **Jacques Lefrançois**, généticien et philosophe à l'Inserm ; **Fabien Megi** ; **Olivier Moch**, Directeur général adjoint de Météo-France ; **Alain Moulton**, GREP ; **Sylvie Mouynet**, ADEIC 31 (association de consommateurs) ; **Felix Perosanz**, Cnes ; **Brigitte Prévost**, Présidente d'ADEIC 31 ; **M. Rouzière**, GREP ; **François Saint-Pierre**, professeur de mathématiques ; **Stéphane Thépot**, journaliste, correspondant du Monde et du Point ; **Anne Urdiroz**, Altamira information, analyse et traitement d'images satellitaires ; **Marie Vella**, responsable communication de l'UFCS ; **Alexandre Zerbib**, association les Amis de la Terre.



Les définitions

Les nanosciences désignent un domaine de recherche qui étudie des phénomènes et la manipulation de matériaux aux échelles atomiques, moléculaires et macromoléculaires, dont la taille est de quelques nanomètres (un milliardième de mètre) et dont les propriétés, qui diffèrent significativement de celles observées à plus grande échelle, découlent directement de cette taille nanométrique.

Selon le rapport de la Royal Society et de la Royal Academy of Engineering, qui est le plus précis en la matière, les nanosciences sont à distinguer des **nanotechnologies**. Dans le texte britannique, 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 exercés à l'échelle nanométrique.



Éléments de problématique

Introduction, par Valérie Péan

Autour de la démesure ...

« Pourquoi avoir choisi ce sujet ? Plusieurs aspects du développement des nanosciences et des nanotechnologies nous ont interrogés. Le premier point marquant, et le plus visible, c'est la démesure des superlatifs dès lors que, dans la presse, un article évoque ce sujet, en pour ou en contre : c'est « *giga* », « *énorme* », « *fantastique* », « *révolutionnaire* », ou, au contraire, « *cauchemardesque* », « *apocalyptique* »... Une inflation terminologique qui tente peut-être de traduire la démesure de cette échelle dimensionnelle : comment se représenter la taille d'un objet qui se situe en dessous du milliardième de mètre ? Une descente dans l'infiniment petit qui appelle le même vertige que celui que nous procure l'infini de l'espace.

La deuxième spécificité tient à la dématérialisation, ainsi que le signale la philosophe Bernadette Bensaude-Vincent. Notre société voit progressivement la matière s'effacer et disparaître – au profit notamment de l'information. La miniaturisation que proposent les "nanos" révèle et renforce cette tendance, où l'homme cherche constamment à repousser les limites de la matière.

Le troisième phénomène concerne l'hybridation entre le cerveau et la matière, le vivant et la machine. Un objectif clairement énoncé par les premiers concepteurs des nanosciences, et que traduit concrètement la convergence des disciplines et des technologies convoquées pour y parvenir : un rapprochement que les anglosaxons appellent la convergence NBIC, pour désigner les nanotechnologies, les biotechnologies, les technologies de l'information et les sciences cognitives. Dernier point notable : ce sont les scientifiques eux-mêmes, inventeurs et promoteurs des nanosciences, qui se sont fait à la fois Prométhée et Cassandre, promettant simultanément l'avènement d'un âge d'or et les catastrophes à venir. C'est le cas du physicien Eric Drexler, qui a publié en 1986 un texte de fiction évoquant un monde fait de machines intelligentes qui finissent par échapper au contrôle de l'humain : ce qu'on désigne, depuis, sous le nom de « *gelée grise* », popularisée par le best-seller de Michael Crichton, *La proie*.



Entre promesses et périls

Ces particularités conduisent à se demander si la contestation et la controverse qui commencent à s'exprimer sur les "nanos" sont différentes de celles que nous connaissons déjà sur d'autres sujets. A priori, les "nanos" semblent cristalliser tout ce qu'a rejeté ou craint la société ces dernières années : elles évoquent à la fois l'amiante à travers les nanoparticules, elles rappellent les OGM du côté de la transgression du vivant, elles réveillent la peur du nucléaire à travers leur manipulation de l'atome et les projets de nano-armements. Bref, elles cumulent les craintes de risques sanitaires, de dommages environnementaux irréversibles, de main-mise sur le vivant, auxquelles s'ajoutent la perception de menaces sur les libertés individuelles et la remise en cause du modèle économique sous-jacent.

En parallèle, les motifs d'espoir sont largement détaillés à travers les médias : les "nanos" devraient générer des avancées dans les domaines de la santé, de la société de la connaissance et de l'information, des matériaux, de l'énergie... Certains, même, n'hésitent pas évoquer des contributions majeures en terme de développement durable. Des promesses qui remettent en mémoire celles entendues en matière de thérapie génique et de transgénèse, notamment.

Lanceurs d'alerte et participation citoyenne

Bref, les "nanos" semblent agréger des ingrédients pour le moins explosifs. Et pourtant, nous ne décelons pas à ce jour les signes d'une contestation large de la société. Jusque là, seules des scientifiques – avec parfois toute l'ambiguïté déjà évoquée plus haut - , des associations et des organisations écologistes ont joué le rôle de lanceurs d'alerte. Citons notamment Greenpeace, ETC au Canada, les Verts au niveau de l'Europe, Pièces et Main d'œuvre à Grenoble.

D'autre part, certains pays ont déjà pris un certain nombre de mesures, montrant peut-être qu'ils avaient tiré les leçons de la situation en matière d'OGM : de nombreux rapports ont été sollicités et publiés, préconisant parfois l'instauration de moratoires en attendant une meilleure évaluation des risques, la mise en place d'une traçabilité et d'une réglementation adaptée, de démarches participatives à l'intention des citoyens... C'est le cas, notamment, en Angleterre.

Est-ce suffisant et où en est la France sur ce point ? Comment y voir plus clair dans les promesses et les périls annoncés ? Voilà, entre autres, les questions qui ont guidé le choix de ce sujet. »



Jean-Pierre Launay

Au-delà des fictions, où en sont les nanosciences ?

« "Révolution" ? Ce n'est pas forcément le titre que j'aurais choisi pour évoquer les "nanos", et vous en comprendrez les raisons au cours de mon propos.

En premier lieu, qu'est-ce qu'un nanomètre ? Il correspond à 10^{-9} c'est-à-dire à un milliardième de mètre. Pour mieux appréhender ces échelles, imaginons que nous descendons de 1000 en 1000. Ainsi, nous descendons d'abord du mètre au millimètre. Nous pouvons rappeler qu'à 0,1 millimètre, nous sommes à la limite de ce que l'on peut voir à l'œil nu. Puis du millimètre au micron, ce dernier restant assez familier car il correspond à la taille des cellules que l'on peut voir au microscope optique. En divisant d'un facteur mille le micron, on arrive enfin au nanomètre : un million de fois plus petit que le millimètre, ce qui nous conduit à l'échelle des molécules. Et si l'on franchit encore une échelle de 10, on parvient à l'angström, c'est-à-dire à l'échelle des atomes.

Atomes et molécules sont des objets familiers au chimiste. D'où cette interrogation : les nanosciences et les nanotechnologies ne sont-elles pas tout simplement de la chimie sous un autre angle ? Disons qu'il y a quand même une différence importante : quand un chimiste dit avoir fabriqué une nouvelle molécule - un médicament par exemple - , il a fabriqué en réalité un nombre important de molécules du même type. En revanche, les nanosciences et les nanotechnologies permettent de travailler sur une molécule unique, ce qui relève de l'exploit technologique.

Une miniaturisation planifiée jusqu'en 2012

On peut dire que d'une certaine façon – c'est un raccourci quelque peu incorrect – les choses ont commencé en 1959 avec le physicien Richard Feynman qui, lors d'un congrès, a prononcé une conférence n'ayant pas fait grande impression sur le moment. Sa conférence était intitulée : «*There is plenty of room at the bottom.*» Il y a plein de place en bas. Un propos visionnaire, lancé avant même l'essor de la microélectronique qui a, depuis, évolué par améliorations successives et qui permet de stocker une masse colossale d'informations sur un support de silicium ou un support magnétique. Feynman a eu l'intuition que nous aurions la capacité de réduire considérablement les objets, de telle sorte que l'on pourra mettre un jour toute l'Encyclopédie sur une tête d'épingle ; ce que nous devons être effectivement capables de faire aujourd'hui, hors images. Il émettait l'idée que l'on fabriquerait, pour ce faire, des outils et des machines de plus en plus petits. Donc des machines qui elles même fabriqueraient des machines plus petites et ainsi de suite. C'est absolument fantastique car c'est comme si on dilatait l'espace.

Quelques années plus tard, en 1980, Gordon Moore, ingénieur et co-fondateur d'Intel, énonce ce qu'on a appelé depuis la *Loi de Moore*, selon laquelle le nombre de transistors des microprocesseurs sur une puce de silicium doublerait tous les deux ans, ce qui s'est révélé exact : nous parvenons aujourd'hui à déposer des millions, voire des milliards de transistors sur une puce, ce qui lui confère



des propriétés et des performances extraordinaires. Cette décroissance régulière est planifiée jusqu'en 2012 par des organismes professionnels de la micro-informatique. Pour eux, il n'y a aucune ambiguïté sur ce point. En revanche, ils savent qu'à un moment donné, nous buterons sur une contrainte physique : la dimension des atomes. Il faudra alors des technologies différentes pour prendre le relais.

Voilà pour la microélectronique bien connue du grand public. En parallèle, à partir de 1981, est intervenu un objet révolutionnaire : le microscope à effet tunnel. Celui-ci est constitué notamment d'une pointe positionnée face à une surface métallique. L'effet tunnel, c'est le courant résultant du passage d'électrons entre la surface et cette pointe. Celle-ci est pilotée en trois dimensions avec une grande précision. On peut lui demander de balayer une surface à altitude constante comme le ferait un avion muni d'un radar de suivi de terrain. Elle dessine ainsi le profil de la surface, dont les reliefs sont constitués de couches supplémentaires d'atomes. Cette invention a valu à son auteur, Heinrich Rohrer, le prix Nobel de physique en 1986.

Nouveaux objets moléculaires

Il s'agissait au départ d'un instrument d'observation et de cartographie, mais c'est aussi un instrument de fabrication. Car, aux environs de 1990, on s'est aperçu que cet objet permettait de faire bouger des atomes, par une sorte d'effet d'attraction de la pointe, et de les positionner à un endroit précis. Des chercheurs d'IBM se sont ainsi "amusés" à dessiner ce qu'ils ont appelé un « corral quantique » : 48 atomes de cuivre positionnés un à un en cercle sur une surface de fer. Dans cette position, on s'aperçoit qu'interviennent des effets d'ondes. Cela joue un peu le rôle d'un résonateur. Dans la même foulée, ces chercheurs ont fabriqué un petit bonhomme avec des molécules d'oxyde de carbone posées sur une surface de platine.

Notre laboratoire dispose d'un tel microscope avec lequel nous pouvons voir une molécule, c'est-à-dire le détail de sa structure, qui consiste en des assemblages d'atomes. Nous ne sommes donc plus dans la position classique du chimiste qui dit « j'ai fabriqué une molécule » alors qu'en réalité, il a fabriqué 100g d'un composé qui renferme des molécules toutes équivalentes. Dans notre situation, nous sommes face à une molécule unique, qu'on peut couper ou recomposer en déplaçant les atomes. Ainsi, nous avons créé une molécule ayant la forme d'une brouette, avec deux parties mobiles aux extrémités, à l'instar des roues. L'une des questions que l'on se pose est la suivante : est-ce que ces parties mobiles peuvent tourner si l'on pousse la molécule ou vont-elles seulement déraiper ? Cela permettrait à la molécule de rouler sur la surface. Voilà le genre de préoccupations actuelles que partagent de nombreux autres laboratoires dans le monde. Ce sont là des tours de force expérimentaux qui nous permettent de mieux comprendre le comportement de ces nouveaux "objets" moléculaires.



Des convergences audacieuses et inquiétantes

Je vais maintenant passer à des choses beaucoup plus prospectives. En 1986, tandis que le microscope à effet tunnel se mettait en place et que les gens apprenaient à intervenir atome par atome sur une surface, un chercheur du MIT, Eric Drexler, a lancé le concept de nanotechnologies moléculaires. Il a écrit un livre de science-fiction- *Engines of creation* – pour y développer son idée et créé un institut de prospective, le Foresight Institute, qu'il a d'ailleurs quitté depuis. Il faut dire qu'aux États-Unis, les conditions se prêtent bien plus à ce genre d'activité qu'en France : l'argent circule abondamment, par le biais notamment des fondations et le volet communication peut permettre également de générer des recettes. Qu'a imaginé concrètement Drexler ? La création d'objets mécaniques, de « nanorobots » doués d'une certaine autonomie et de capacités rudimentaires de raisonnement et de perception. L'une des idées retenue par le grand public, c'est que dans le futur, nous pourrions créer de petits robots capables de circuler dans les vaisseaux sanguins, de se fixer sur les plaques de cholestérol et de les éliminer. On verra que c'est lancer le bouchon un peu loin. Très loin même. Ces objets artificiels seraient construits avec des machines appelées des assembleurs qui travailleraient avec la précision atomique. Mais qui dit machine performante dit le risque que ces assembleurs échappent au contrôle de l'homme et que des nanostructures se reproduisent toutes seules. C'est l'une des hypothèses du livre de Drexler et du best-seller de Michael Crichton, *Prey* (La proie).

Quels sont les enjeux évoqués là ? Dans la microélectronique, c'est l'augmentation de la puissance des disques durs. En médecine et en chimie des matériaux, ce sont de nouvelles possibilités via des matériaux autonettoyants... Mais ce sont surtout de nouvelles convergences audacieuses et inquiétantes entre plusieurs secteurs de recherche et d'industrie : les nanotechnologies, les biotechnologies, les sciences de l'information et les sciences cognitives. Ce rapprochement a été lancé aux États-Unis, avec l'espoir de nombreuses retombées impliquant de forts enjeux industriels. D'où, en France, des interrogations sur notre compétitivité, la perte ou non de monopoles, la possible création d'emplois à haute valeur ajoutée, voire, du côté des pouvoirs publics, la crainte d'une dépendance ou au contraire les sirènes d'un prestige national.

La controverse scientifique sur les nanorobots

Inversement, nous constatons qu'il y a des tentations et des dérives. Une tentation d'amalgame d'abord : on appelle "nano" ce qui ne l'est pas vraiment, dans les domaines de la microélectronique ou de la chimie... Où se trouve la frontière ? Une confusion d'autant plus grande qu'accoler "nano" à un domaine de recherche permet sans doute de justifier de nouvelles dépenses et investissements... De ce point de vue, une controverse scientifique me semble particulièrement éclairante : c'est celle qui a eu lieu en 2003 entre Drexler et Smalley, prix Nobel de chimie en 1996 pour sa découverte des fullerènes¹. Smalley s'est plongé dans le travail de Drexler pour vérifier la

¹ Les fullerènes, découverts en 1985 par H.Kroto, R.Curl et [R.Smalley](#), ce qui leur valut le [prix Nobel](#) de Chimie en [1996](#), sont des [molécules](#) composées de [carbone](#) et pouvant prendre la forme d'une [sphère](#), d'un [ellipsoïde](#), d'un tube ou d'un anneau. Les fullerènes tubulaires sont appelés [nanotubes](#).



faisabilité des nanorobots, pointant les difficultés fondamentales liées aux limites chimiques et physiques pour fabriquer les fameux assembleurs. Un échange détaillé dans la revue *Chemical and Engineering News* montre le fossé qui sépare les deux conceptions².

Je voudrais terminer par un élément d'actualité qui concerne le Comité d'éthique du CNRS (Comets). Celui-ci vient en effet de publier un Avis sur les enjeux éthiques des nanosciences et nanotechnologies³. Dans ses conclusions, il appelle les chercheurs à une "vigilance éthique" et à la nécessité que ceux-ci s'interrogent en amont sur les conséquences possibles de leurs résultats. Il insiste également sur la prévention des risques en matière de nanoparticules et les biopuces à finalité de diagnostic. Enfin, il rappelle que la précaution s'impose dans ce contexte où les incertitudes sont nombreuses. »

Lionel Larqué

Pour sortir du nano-brouillard

« Je ne vais pas avoir la même perspective. Je suis administrateur de la Fondation Sciences Citoyennes⁴ qui tente de promouvoir l'émergence, en France, d'un tiers-secteur scientifique. A ce jour, seuls deux pôles en effet "pilotent" la production de savoir et de connaissances scientifiques : d'un côté, l'Etat avec les instituts de recherche, de l'autre le marché. Dans une optique de culture scientifique et technique rénovée, notre idée consiste à créer les conditions d'une expertise constructive de la population par rapport à des questions qui les préoccupent. Questions qui, en règle générale, ne sont prises en compte ni par l'institution, ni par le marché, faute de rentabilité ou de temps. Voilà les motivations politiques de la Fondation qui existe maintenant depuis l'an 2000 et qui s'est progressivement orientée sur les questions de gouvernance de la recherche nationale et régionale, raison pour laquelle nous avons été contactés par Pierre-Benoît Joly, coordinateur du rapport de la Métro, Communauté de communes de l'agglomération grenobloise⁵, auquel nous avons participé avec toutes les réserves que j'émettrai éventuellement tout à l'heure.

2 Voir le site en anglais de la Revue, qui publie cette controverse via les lettres ouvertes que les deux scientifiques se sont adressées : <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html>

3 rendu le 12 octobre 2006 et consultable sur le site internet : <http://www.cnrs.fr/fr/presentation/ethique/comets/index.htm>

4 <http://sciencescitoyennes.org>

5 « *Démocratie locale et maîtrise sociale des nanotechnologies : les publics grenoblois peuvent-ils participer aux choix scientifiques et techniques* » ? 22 septembre 2005. Consultable sur le site de la Fondation Sciences Citoyennes : http://sciencescitoyennes.org/article.php3?id_article=1387



Je partage une partie de ce qui a été dit par Jean-Pierre Launay. Comme il le rappelait, le préfixe "nano" se prête à tous les jeux de mots et une certaine confusion règne sur ces questions. Elles ont donné lieu notamment à l'émergence de pôles activistes assez virulents en Angleterre, qui a été la première à susciter le débat public, alors qu'en France, celui-ci n'émerge que depuis six à sept mois. « *Que sont exactement les risques ? Qui les supportera ? Qui sera responsable au cas où la réalité ne correspondrait pas aux scénarios de conte de fée ?* » Telles sont les questions qu'a en effet soulevé le Prince Charles dès 2004, demandant aux scientifiques britanniques de s'interroger sur les risques liés aux nanotechnologies et apportant de l'eau au moulin aux lanceurs d'alerte anglais. Il a ainsi commandité un rapport sur les opportunités et les incertitudes des nanosciences et nanotechnologies, auprès de la Royal Academy of Engineering et de la Royal Society britanniques, rapport rendu en juillet 2004⁶.

Aux origines des programmes de recherche "nanos"

Pour tenter de sortir du brouillard, il nous semble intéressant d'essayer de comprendre d'où sortent ces programmes de recherche. Quelles ont été les motivations qui ont permis d'atteindre un tel niveau d'investissement aussi rapidement ? La focalisation des premières décisions politiques date de l'an 2000, mais tout s'est bien évidemment préparé avant. Que se passe-t-il aux Etats-Unis dans les années 1980-90 ? On constate alors une montée en puissance des disciplines biomédicales, notamment de la génétique, assortie de toutes les promesses autour de la thérapie génique. Très vite, il en découle un fort déséquilibre dans la répartition des moyens financiers de l'allocation des ressources avec, en l'espace de cinq à six ans, des transferts colossaux de la physique vers la biologie. Des sociologues américains ont essayé de comprendre comment et pourquoi autant d'argent a été investi en si peu de temps dans la biologie. Et dans ce cadre, l'âge moyen élevé du Congrès américain n'a pas pesé pour rien. Quand on est élu et que l'on a un pouvoir de décision, vos craintes des effets du vieillissement sont loin d'être anecdotiques : en cinq ans, ce sont 20 milliards de dollars qui ont été investis à travers les fonds publics fédéraux dans la biologie...

Evidemment, les physiciens n'ont guère apprécié ce déplacement d'intérêt et ont commencé à réfléchir aux moyens de récupérer une partie de ces allocations. Car, contrairement à ce qui est véhiculé dans la presse, le préfixe "nano" n'émerge pas du monde de la science mais de celui de la science-fiction, dans les années 70-80, ce qui n'est pas anecdotique d'un point de vue du débat public : il n'y aurait pas eu de programme spatial américain dans les années soixante sans le succès colossal de la science-fiction dès les années trente. Le lien entre l'imaginaire et les programmes de recherche n'est pas de l'ordre de l'amusement pour activistes désœuvrés. Il a un impact réel dans la construction imaginaire globale d'une société, y compris de la part des scientifiques et des élus.

Dès lors, les physiciens commencent à construire cet imaginaire sur les "nanos" et à le valoriser auprès de l'administration Clinton qui, après deux ans et demi de lobbying assez intense, décide effectivement d'engager de vastes moyens, à partir de 2000. Comme d'habitude, l'Europe suivra, ainsi que la France.

6 Rapport téléchargeable en anglais à l'adresse suivante : <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>



La fiction avant la science

Comment lever les fonds ? Le schéma est assez classique : par une surproduction de publications. Sauf que dans un contexte non stabilisé, où la communauté scientifique apte à comprendre ces articles n'est pas encore constituée, on assiste à des dérives déontologiques majeures et à des problèmes de relecture. Quand vous recevez un article très novateur, qui, dans le comité de lecture du journal scientifique, est capable de le corriger ? L'article finit parfois entre les mains d'une personne qui est dans le secteur et a ses propres intérêts (que ce soit dans le public ou le privé n'y change rien). Dans ces moments non stabilisés d'émergence d'une discipline, se met en effet en place un accord tacite : tant qu'on n'y voit pas plus clair, on ne se cause pas d'ennuis mutuels ; tu fais passer mon papier et je fais passer le tien. Pendant quelques années, on ne peut pas dire que l'on soit dans le cadre d'une production scientifique même si ces articles sont publiés dans des revues adéquates. C'est un réel problème car cela donne pourtant une légitimité au discours. Sans oublier une alliance "naturelle" avec les médias de masse, pour diffuser un discours de propagande et nourrir la culture de l'anxiété.

Comme disait Dali: « *Qu'on dise du bien ou qu'on dise du mal, pourvu qu'on parle de moi* ». Car cela met la pression et fait arriver les crédits. C'est un cas de figure fréquent des conditions d'émergence d'un programme de recherche, bien connues des sociologues des sciences et des épistémologues. Les "nanos" ne sont pas nées d'une question scientifique : elles relèvent avant tout d'une question politique.

Un exemple sur les dérives déontologiques en général liées à un contexte non stabilisé : la revue *Nature*, en 2004, a publié un article indiquant que 35% des papiers en biologie sont truqués. Leurs auteurs trafiquent leurs chiffres pour que les résultats correspondent aux exigences en matière de financement... Nous sommes donc bien à une époque où ces problèmes ont dépassé le registre de la "bavure" pour devenir un souci de la communauté dans son ensemble.

Cybervisions, fantasmes et transhumanisme

Pour en revenir aux "nanos", le rapport de l'Académie britannique dit notamment que, bien que les visions extrêmes des résultats potentiels des nanotechnologies - par exemple l'allongement de l'espérance de vie, la séparation de l'âme humaine et son intégration dans un ordinateur - semblent improbables pour beaucoup de scientifiques, ces visions sont une base de discussion sur les nanotechnologies par des non scientifiques informés. Mais je critique cette analyse car le discours "pseudo-scientifique" est aussi le fait des scientifiques eux-mêmes. Pour illustration, voilà l'extrait d'un documentaire⁷ (voix off) : « *Une fois de plus les premiers à nous parler des nanotechnologies, ce ne sont pas les politiques, les scientifiques mais les entreprises multinationales. (...) Les machines intelligentes créent plus de valeur. Cela fait avancer l'économie du monde entier. Certains chercheurs pensent que l'intelligence et même la vie se résument à de l'information. L'information qui lie les atomes entre eux par exemple. Des informations que les nanorobots, de minuscules machines à l'échelle moléculaire, pourraient enregistrer. (...)* »

⁷ *Intelligence superficielle*, réalisé par Vincent Maillard et produit par Station Service, avec le soutien de France 2, en 2005



Évidemment, on en vient à se demander : et la science là-dedans ? L'un des personnages évoque le MIT qui, à première vue, est une institution scientifique assez connue, disposant de moyens financiers. M. Drexler et M. Smalley, qui en sont d'ailleurs issus, ont participé à la rédaction du rapport *Converging technologies for improving human performances*, financé par la National Science Foundation aux Etats-Unis. Un rapport qui dit en conclusion : « *Avancer simultanément sur nombre de ces chemins pourrait conduire à un âge d'or qui serait le tournant de la productivité humaine et de la qualité de vie. La convergence technologique pourrait devenir le cadre de la convergence humaine. Le 21^{ème} siècle pourrait s'achever dans la paix mondiale, la prospérité universelle et l'évolution vers un niveau supérieur de compassion et d'accomplissement. Il est difficile de trouver la bonne métaphore pour voir le futur à un siècle, mais il se pourrait que l'humanité devienne comme un seul cerveau distribué et inter-connecté basé au nouveau cœur des chemins de la société. Cela sera un renforcement de la productivité et de l'indépendance des individus leur donnant la possibilité d'atteindre leur but personnel* »...

Cela laisse pour le moins perplexe ! D'autant que ces auteurs, Drexler notamment, sont des membres de la secte des transhumanistes⁸, qui a des contacts très proches avec la Maison-Blanche dans l'administration Bush et qui conçoit l'humain dans sa post-modernité : le cyborg ou l'humain bionique. Ce sont là des gens qui n'avancent donc pas que sur un terrain scientifique. Avec les "nanos", fréquemment, il est plutôt question de vision de l'organisation sociale et de l'humain. On assiste à des glissements sémantiques, des anomalies, des assertions non étayées, y compris dans les rapports publics, tels que celui de l'Académie des Sciences Françaises, bien en-deçà du rapport de la Royal Academy.

Forcément, dans ce contexte, on ne sait plus de quoi on parle et on se crispe. C'est d'autant plus compliqué que des personnalités telles que Jean-Pierre Dupuy⁹, dont l'opinion pèse dans le débat, explique que l'enjeu n'est pas la maîtrise de la matière à l'échelle infinitésimale mais sa non maîtrise, l'auto-administration de la matière par elle-même ! On est dans une confusion totale, entre considérations philosophiques, contingences éthiques. Parle-t-on de sciences, de technosciences, de techniques, de technologies ? En outre, comme vous le rappelez, le discours sur les "nanos" est assez intéressant. On nous dit : Nous allons à la conquête de l'infiniment petit, nous ne sommes jamais descendus aussi bas. C'est faux. L'accélérateur de particules manipule des particules élémentaires de taille inférieure à l'échelle nanométrique. De même, des matériaux et des outils mobilisent déjà l'élément nanométrique : le laser ; les crèmes solaires devenues transparentes grâce à l'ajout de nanoparticules d'oxyde de titane ou de zinc, permettant d'absorber l'ultraviolet ; mais aussi des sprays, des vernis, des écrans, ou même des pneus plus souples intégrant du nano-

8 Le transhumanisme se présente comme un mouvement philosophique émergent (sic) qui affirme la possibilité et le désir d'améliorer fondamentalement la condition humaine, en encourageant le développement et l'accès aux technologies. Et ce, pour vivre plus longtemps, augmenter les capacités physiques, intellectuelles et émotionnelles de l'individu, en se référant à une « cyberhumanité ».

9 Lire à ce sujet l'enquête de Francis Chateauraynaud (EHESS) du 30 avril 2005, *Nanosciences et technoprophéties, Le nanomonde dans la matrice des futurs*. Une critique de la position de Jean-Pierre Dupuy, Ingénieur général des Mines et Directeur de recherche du CNRS, qui articule notamment sa thèse du « catastrophisme éclairé » autour des nanotechnologies.



carbone... Cela dit, je suis en complet accord avec Jean-Pierre Launay : nous sommes encore loin de certaines applications qui nous sont présentées comme faisables à court terme. D'ailleurs, la couverture du livre de Drexler montrant des nanorobots relève de la pure science-fiction, d'une illustration de BD.

Toujours dans les aberrations, regardons de plus près les technologies d'identification par fréquence radio, dites RFID, qui suscitent tous les fantasmes. De quoi s'agit-il ? De traçage et de contrôle des citoyens par des micro-puces intégrées sous la peau. Des sortes d'étiquettes électroniques. Mais reste quand même un obstacle technologique et pas des moindres, comme le disait récemment le physicien français Claude Weisbuch : c'est l'antenne ! Même si la micro-puce est minuscule, l'antenne qui permet de communiquer avec l'extérieur doit être d'une grandeur centimétrique. Et quand bien même il serait techniquement possible de réaliser ces antennes, comment les connecter entre elles ? Il faudrait un réseau, un maillage de relais sur le territoire au regard duquel celui de la téléphonie mobile est une plaisanterie.

Je voudrais à présent aborder quelques enjeux épistémologiques. Tous ces discours s'inscrivent dans une logique où l'on continue de nous dire que plus l'on va dans le petit, plus l'on segmente les problèmes. Cet esprit réductionniste qui a fait la gloire de la physique permettrait d'aborder les phénomènes à l'échelle quantique. Voilà encore une vision mécaniciste. Au début de la génétique, on pensait que l'ADN renfermait toute notre existence, comme si celle-ci était codée, programmée. Aujourd'hui, on sait que ce n'est pas aussi simple. L'ADN serait une matrice passive qui interagit avec l'environnement. Ce n'est donc pas aussi rigide que cela.

La posture de la Fondation Sciences Citoyennes, à ce jour, consiste à penser que les sciences sont aujourd'hui plus un élément qui perturbe notre univers qu'une solution aux problèmes concrets que l'on se pose. Est-ce qu'avoir des crèmes solaires transparentes représente un enjeu colossal de la vie sur Terre ? J'ai des doutes.

Autre problème : la question de la distinction entre la science, les découvertes scientifiques et les innovations technologiques. La finalité et la temporalité ne sont pas les mêmes. Or cette distinction tend à s'effacer entre les nanosciences et les nanotechnologies.



Grenoble : décision technocratique et rattrapage démagogique.

Ce qui se passe à Grenoble autour de Minatec¹⁰, le pôle d'innovation nanotechnologique, est un archétype de la négation de l'esprit démocratique. Ainsi, le Député-maire de Grenoble, Michel Destot, est-il également ingénieur de recherche au CEA et donc à la fois juge et parti. Dans le rapport coordonné par Pierre-Benoît Joly, il a été étudié l'ensemble des décisions du Conseil municipal et je peux vous affirmer qu'il n'y a pas eu de débat dans cette enceinte depuis 2001, date à laquelle la question des "nanos" a été abordée pour la première fois par les élus et période durant laquelle le lancement de différents projets a été décidé. Sans réel débat, le projet a été accepté en l'état. Analyser la genèse de ce pôle conduit à des constats très révélateurs et plutôt stupéfiants. Le discours initial est le suivant : il faut aller très vite pour investir sur ce pôle mondial des nanotechnologies, sinon le marché nous passera sous le nez. Or il s'agit d'un enjeu national.

Dès lors, les rouages technocratiques se sont mis en branle, réussissant à décrocher en trois semaines (!) l'accord de la Mairie de Grenoble, de la Communauté de Communes (Metro), du Conseil général, du Conseil régional et de l'Etat, et sur 500 millions d'euros d'investissement ! Quiconque connaît la machine administrative sait que c'est normalement impossible en si peu de temps. Il y a évidemment eu un déni total de démocratie, et un système redoutablement efficace de convergence de quelques cercles technocratiques très puissants, des politiques, de la recherche, de l'enseignement et de l'industrie.

Depuis nous sommes dans une sorte de rattrapage démagogique. Il s'agit d'organiser quelques débats citoyens pour faire avaler la pilule alors même que les décisions sont prises et les investissements engagés. Bref, nous sommes dans un état de fait. L'association VivAgora¹¹, qui met en débat les sciences à travers des débats publics, a décidé d'accepter le marché de la Metro pour organiser toute une série de conférences de septembre à décembre 2006. Mais tout cela reste fondé sur le rêve des élites locales : celui de bâtir une Silicon Valley à la française, avec une concentration de cerveaux sur un même territoire, dans une super structure avec l'ambition de devenir les champions de l'innovation technologique, de décrocher des marchés colossaux et de faire fonctionner le business. En soi, ce n'est pas condamnable. Ce qui pose problème, c'est le modèle.

10 Sélectionné dès 2005 par les services du Premier Ministre au titre de « pôle de compétitivité mondial », Minalogic s'appuie principalement sur le Centre Minatec (Innovation en micro et nanotechnologies), initié par le CEA-Leti (Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information) et l'INP de Grenoble. Lancé en janvier 2002, Minatec a été inauguré le 2 juin 2006 (la date initiale du 1^{er} juin a été repoussée par crainte de la contestation). Cette inauguration a fait l'objet de violentes manifestations : 400 Crs, gendarmes et membres de la BAC, face à un millier d'opposants, avec des évacuations, interpellations et affrontements, au cours desquels une jeune femme a été grièvement blessée par un éclat de grenade. Difficile d'avoir des comptes-rendus neutres sur ce sujet : la presse nationale n'a quasiment pas couvert cet aspect.

11 www.vivagora.org



La puissance des lobbies

Ainsi, à notre sens, l'analyse prospective sur laquelle s'appuie ce rêve est indigne : deux millions d'emplois et mille milliards de dollars de marché prévus à l'horizon 2015 ! Une telle concentration de moyens sur un nombre aussi faible de disciplines scientifiques devrait avoir un impact important sur le contexte grenoblois qui devrait nous interpeller. Et nécessairement, cet effort considérable appelle un retour sur investissement. Résultat : à l'université de Grenoble, toute une série de disciplines – telles que les sciences humaines et sociales - a déjà perdu une partie de son financement en l'espace de quelques années.

En France, Jean-Pierre Dupuy avec d'autres extrapolent la convergence des "nanos", des biotechnologies et des sciences de l'information... Mais la convergence principale à laquelle on assiste actuellement, c'est celle de la technocratie : la technocratie convergente. Ainsi, sur le pôle du Minatec, figurent à la fois les administrations de l'Armement et de l'Intérieur. Même un fin politique aura du mal à aller à l'encontre d'un tel système de décisions, parfaitement huilé. Il lui est même aujourd'hui impossible de savoir ce qui s'y pense et produit. Ce pôle a en fait permis un recyclage du CEA. Minatec devait soi-disant permettre de créer 3000 emplois. C'est faux ! La plupart d'entre eux correspondent tout simplement au transfert du personnel du CEA... Il n'y a donc pas création d'emplois mais recyclage technocratique.

Et puis, au-delà de la France, il y a l'Europe. Voici un extrait d'une intervention de Michel Rocard à l'Union européenne. Elle ne porte pas directement sur les "nanos" mais sur un point qui leur est lié, les brevets : *« Ce débat est épouvantablement complexe : complexité juridique, complexité informatique. C'est pourtant un enjeu majeur, représentant économiquement des dizaines de milliards de dollars, philosophiquement, le statut du savoir humain parmi les hommes. En 6000 ans d'histoire, le savoir humain a progressé par la copie, la condition nécessaire était que les premiers savoirs, soit accessibles librement et gratuitement. Le droit d'auteur rémunère le créateur sans mettre en cause ces principes. Le logiciel n'est qu'un ensemble de données mathématiques. La création d'un nouveau logiciel utilise parfois plusieurs centaines de logiciels précédents. Interdire ou ralentir ce buissonnement, c'est porter atteinte à la prolifération du savoir. Les savoirs de demain prendront de plus en plus la forme de logiciels. »* Commentaire off : *« On dit de Bruxelles qu'elle est la ville aux 3000 lobbies. »*

Ces lobbies se sont justement illustrés sur deux aspects qui nous concernent. Les acteurs de la Commission et du Parlement européen ont en effet subi des lobbies comme ils n'en avaient jamais connus auparavant, sur la directive Reach¹², d'une part, et la directive sur le brevet communautaire¹³, d'autre part. »

12 Reach est l'acronyme de Registration, Evaluation and Autorisation of chemicals. Sur proposition de la Commission européenne en 2003, ce projet de loi consiste en un cadre réglementaire unique pour l'identification et l'élimination progressive des produits chimiques les plus dangereux. Il couvre environ 30 000 substances sur les 100 000 mises sur le marché depuis 1981, ainsi que les nouveaux produits à venir.

13 Le projet de directive communautaire sur le brevet, afin de protéger juridiquement les inventions, fait l'objet d'un véritable round entre la Commission, le Parlement et le Conseil depuis plusieurs années. En 2005, le Parlement a ainsi définitivement rejeté la proposition de la Commission concernant un brevet sur les inventions mises en œuvre par ordinateur, dit « brevet logiciels ».



Les points de vue des participants de la Conversation

Une technologie qui avance masquée

François Saint-Pierre

« J'ai l'impression que contrairement à ce qu'il s'est passé sur les OGM, une autre stratégie se met en place pour les nanotechnologies, d'apparence plus honnête, basée sur la communication. Aux Etats-Unis, 10% du budget des nanotechnologies seraient ainsi consacrés à la communication et au débat. A priori, on peut donc penser qu'il y a là une volonté de faire participer la société civile à travers différentes initiatives de concertation et d'information. Bref, nous serions là dans un schéma idéal, presque utopique, de dialogue autour d'une innovation, à l'inverse de ce que nous avons connu, par exemple, avec les décisions prises dans le domaine du nucléaire, dont le citoyen était totalement exclu.

Or, au fil de l'intervention, on comprend vite que quelque chose "cloche". Finalement, on a l'impression que l'on parle beaucoup des "nanos", mais que l'on est à côté de la plaque. Car en règle générale, ce n'est pas l'intervention de Jean-Pierre Launay que l'on entend, raisonnable et modérée, mais plutôt des fantasmes. On n'entend pas la science s'exprimer, mais la science-fiction.

A l'inverse, il y a de réels problèmes avec les "nanos" dont on parle peu. Ainsi, un scientifique américain a mené des tests sur des poissons exposés au dioxyde de titane, qui entre dans la composition des crèmes solaires transparentes. Il a retrouvé ces substances dans le cerveau des poissons¹⁴. Ce sont là des observations qui mériteraient de réels investissements financiers pour en vérifier la validité. Il ne faut pas attendre l'après coup, le moment où l'on se rend compte que les risques se sont transformés en dangers incontournables.

Finalement, j'ai l'impression que d'un côté, les scientifiques se débrouillent comme ils peuvent avec leurs budgets, et que de l'autre, via les industriels, les objets produits par les nanotechnologies se répandent dans la société. Nous ne sommes plus dans la culture du secret, mais la communication sert essentiellement à fabriquer un rideau de fumée ou, pire, un gaz euphorisant. »

Jean-Pierre Launay

« Quelques mots sur le cas grenoblois. Mon impression est la suivante : j'y vois surtout de la micro-électronique qui, certes, se miniaturise de plus en plus, mais sans changer de procédés : il s'agit toujours de gravure sur une plaquette de silicium. Cela n'a rien à voir avec les nanotechnologies futuristes qu'évoque Drexler. Dans les laboratoires, nous avons les pieds sur terre et nous observons ce qui peut se passer à long terme. Je dois avouer que je n'avais pas regardé de très près les spéculations de Drexler. En revanche, j'ai lu avec beaucoup d'intérêt l'échange entre Drexler et Smalley, car ce dernier est quelqu'un de notre culture qui a pris la peine d'étudier les théories de Drexler d'un point de vue scientifique. C'est intéressant car, démontrer l'impossibilité de ces

¹⁴ Information du Figaro, octobre 2006



spéculation nous fait quand même progresser dans la compréhension et la connaissance, en obligeant à aborder des aspects que l'on n'avait pas prévu. Je peux vous montrer, par exemple, qu'il est très difficile, voire impossible de fabriquer un robot tridimensionnel à l'échelle du nanomètre. Ce qui fait le succès de la microlithographie classique¹⁵, grâce à la réduction des circuits, c'est le fait que l'on travaille sur deux dimensions : on projette l'image d'un circuit sur une plaquette et on grave. A ce jour, si on voulait faire des objets à trois dimensions comme les nanorobots de Drexler, il faudrait des outils diaboliquement petits. Imaginez que l'on fabrique une montre avec des rouages. On utilise une petite pince pour les positionner, passer derrière, déloger un élément.... Nous n'avons pas ces outils, puisqu'ils devraient être faits d'atomes plus petits que les atomes qui existent. D'où la conclusion de Smalley : les robots nanométriques tridimensionnels sont impossibles à fabriquer dans notre monde. »

Faux espoirs et vrais risques ?

Rose Frayssinet

« Parmi tout ce qui a été dit et qui m'a passionné, il manque la dimension du danger potentiel de ces nanoparticules. Je m'attendais à ce que ce soit détaillé, car ce sont là les attentes de la société. Notre association a produit des dossiers et travaillé sur les "nanos", en lisant notamment les recommandations du Comité de Prévention et Précaution¹⁶ ainsi que celles de l'Afsset¹⁷. Par ailleurs, sachez qu'il y a un site qui livre le nom de plus de 200 produits accessibles au consommateur et donc mis sur le marché sans aucune précaution préalable, sans aucune étude toxicologique ou épidémiologique.

Peut-être évoquerons-nous cet aspect dans un second temps. En tout cas, c'est une de nos préoccupations majeures et nous sommes aussi là pour donner l'alerte. Ce que vous avez dit est très bien, mais nous sommes loin des préoccupations basiques des gens. »

Lionel Larqué

« Vous avez raison. L'enjeu en terme de gouvernance réside dans la question des risques. Et comme je l'ai évoqué en creux, il faut savoir qu'il existe déjà énormément de nanoparticules dans le commerce. Sur ce point, je vous rejoins à 100%.

Sur 100 000 articles relatifs aux aspects positifs des "nanos", nous en avons répertorié seulement 200 qui abordent les questions du risque et de la toxicologie. Il est vrai que la toxicologie est une discipline particulière sinistrée en France et dans nombre d'autres pays européens. Et ce n'est pas seulement dû à la responsabilité des pouvoirs publics. Prenez la future directive Reach. Elle est en négociation depuis dix ans et fait l'objet de lobbies colossaux. Elle vise à évaluer les risques à la production et à la consommation des produits chimiques, ainsi que leur cycle de vie. Sauf que pour

15 Technique permettant la réalisation de circuits intégrés

16 Nanotechnologies et nanoparticules, quels dangers, quels risques ? Rapport de mai 2006 : http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/Nanotechnologies_juin_2006.pdf

17 Les nanomatériaux : effets sur la santé de l'homme et sur l'environnement, juin 2006. (http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/028049585039141673099008860876/nanomateriaux_2006.pdf)



les produits commercialisés avant 1981, c'est à la puissance publique de dire s'il y a ou non un risque (alors que pour ceux qui ont été mis sur le marché après 1981, ce sont les industriels qui doivent expliquer en quoi leur matière n'est pas dangereuse). Le problème, c'est que cela concerne plus de 100 000 substances... Alors que depuis 1981, il n'y en a eu que 3 000. Pour être clair, 3% de ce qui relève de la Directive Reach concerne les industriels et 97% les pouvoirs publics, lesquels n'ont pas les moyens de gérer une telle masse de recherche.

Deuxième remarque : il existe plusieurs écoles de pensée. Dans la première, certains se demandent si la directive Reach va effectivement régler la question du risque lié aux nanotechnologies. Faut-il alors une autre directive, spécifique aux "nanos" ? Compte tenu des difficultés pour mettre en place un règlement communautaire en la matière, la plupart de ces personnes pensent qu'à défaut, il vaut mieux se concentrer sur Reach et tenter d'y introduire des amendements ici ou là. Comment cela se passe-t-il ? Si un industriel produit une nouvelle nanoparticule, il rentre dans le cadre de la directive Reach. Il doit donc attester que sa molécule n'est pas toxique. Et s'il s'agit d'un nouvel usage d'une molécule déjà existante, il doit également prouver l'innocuité de cette dernière dans le cadre de sa nouvelle utilisation. Sur le principe, il n'y a apparemment pas de problèmes majeurs. À ceci près que certaines spécificités des nanoparticules ne sont pas intégrées dans Reach.

C'est le cas, notamment, de la question de leur cycle de vie, de leur production à leur destruction : il n'y a, à ce jour, aucun protocole d'étude à ce sujet. De même pour les effets synergiques entre différents types de nanoparticules. Actuellement, le seul groupe qui, au sein du Parlement européen, s'inquiète de cette question, ce sont les Verts. Quelques ONG travaillent avec ces parlementaires pour étudier la possibilité de déposer des amendements en ce sens.

Il existe une deuxième école, celle des "nanos tranquilles". Des physiciens pour la plupart, qui ne voient pas de raison de "dramatiser". Après tout, banalisent-ils, nous respirons chaque jour des nanoparticules : celles de la fumée des pots d'échappement, de la lessive, de l'eau de Javel. Nous sommes perpétuellement en contact avec des substances nocives. D'où cette posture : ne nous focalisons pas sur les "nanos", elles ne sont qu'une donnée du problème.

Finalement, il est très difficile de se faire une opinion là-dessus et de déterminer si les "nanos" sont dangereuses et jusqu'à quel point. »

M. Rouzière

« Finalement, d'un côté, vous m'avez rassuré car j'ai pris conscience qu'il y avait beaucoup de fantasmes. D'un autre côté, ces fantasmes me font quand même peur ! Ainsi, j'ignore quel est le pouvoir de nuisance de cette mouvance transhumaniste. Va-t-il jusqu'à être en mesure d'infléchir la politique de recherche aux États-Unis ? »



Faut-il faire confiance aux industriels pour anticiper le risque ?

Jean-Pierre Launay

« Je suis comme vous. Ces gens là me font peur. D'où l'importance, pour démêler le vrai du faux, d'avoir une capacité d'expertise et de connaître le point de vue des citoyens. Parmi les autres sujets de craintes, je citerais aussi les RFID. La miniaturisation ultime et la dissémination de ces systèmes de détection et de signalisation m'inquiètent tout autant que vous.

En revanche, j'aimerais revenir sur les nanoparticules, qui font partie des produits chimiques. Et à cet égard, on revient de loin. Souvenons-nous qu'au début, nous ne savions pas que l'amiante, par exemple, était un produit dangereux¹⁸.

Ensuite, il y a eu une période effectivement répréhensible, où certains savaient que c'était dangereux mais se sont tus pour ne mettre en danger les filières industrielles. Et puis, progressivement, la prise de conscience et l'information ont permis de nommer et pallier cette dangerosité.

Pour des matériaux très virulents comme les nanotubes, les choses se déroulent infiniment plus vite. A peine a-t-on commencé à étudier ces objets en laboratoire que déjà on commence à faire des études toxicologiques. Je suis confiant : si jamais ces particules présentaient un réel danger, on aura très vite un signal d'alarme. D'autant que les industriels de la chimie sont désormais attentifs aux risques de toxicité de leurs produits sur le long terme. Car toutes considérations morales mises à part, à supposer que ces gens soient d'un cynisme absolu, leur intérêt financier est d'éviter ce type de scénario. Souvenez-vous de la société Perrier, il y a quelques années, qui avait ordonné le retour de milliers de bouteilles parce qu'il y avait une trace infime de benzène, détectée par un spectromètre de masse très précis, dans certains lots. »

François Saint-Pierre

« Je nuancerais cet optimisme. On a parlé du principe de précaution. Voilà un outil qui fonctionne, à tel point qu'un grand nombre de plaintes sont portées devant les tribunaux au nom de cette notion. Et progressivement, les positions extrémistes s'effacent, au profit d'une jurisprudence plutôt raisonnable. Les avis sont plus pondérés. On ne stoppe plus forcément la production d'un produit dès lors qu'une dangerosité est soulevée. Au nom de quoi ? De l'utilité sociale et/ou de l'importance des enjeux économiques. A l'usage, le principe de précaution n'est donc plus pris dans son sens absolu – il y a un risque, donc on arrête tout. Et on sent que la stratégie de communication consiste à dire : Arrêtez de nous faire obstacle, vous voyez bien tout ce que nous apportons à la société.

¹⁸ Sur ce point, ce n'est pas ce qui est affirmé par Francis Chateauraynaud et Didier Torny, dans leur ouvrage « Les sombres précurseurs » (Ed. EHESS, oct 1999). Dans un chapitre entier consacré à l'amiante, ils évoquent les premières alertes sur la dangerosité de ce matériau, dès 1900 aux Etats-Unis (pp.103-104) s'appuyant sur des observations cliniques de pathologies qui lui liées. En France, de semblables observations ont été faites par un inspecteur du travail en 1906. Quant à la preuve du lien entre les cancers du poumon et l'amiante, elle est établie en 1955. La reconnaissance de la maladie professionnelle remontant, elle, à 1976.



Je crois qu'il y a une incapacité d'anticipation des industriels à des risques futurs car ils pensent que cela est du ressort de la puissance publique. J'ai travaillé un peu au niveau des laboratoires pharmaceutiques. Ils sont toujours très anxieux, une fois l'AMM¹⁹ obtenue, de devoir arrêter pour des raisons judiciaires la mise sur la marché d'un produit sur lequel ils ont investi des milliards. Plutôt que de faire un coûteux suivi épidémiologique, ils préfèrent investir dans le lobbying pour mettre en avant les avantages de leurs produits. »

Alexandre Zerbib

« J'aimerais partager votre optimisme sur la capacité auto-régulatrice des entreprises dites citoyennes. Cependant, je voudrais soulever quelques réserves en prenant un seul exemple parmi tant d'autres : la téléphonie mobile. Il a été reconnu aujourd'hui qu'il n'y a pas d'experts indépendants des opérateurs de téléphonie mobile. Tout ceux qui ont mené des études étaient liés d'une façon ou une autre à des opérateurs qui ont payé un grand nombre d'experts pour que ces études soient convergentes et aillent dans leur sens. Il me semble qu'ils sacrifient leur image à long terme sur l'autel du profit immédiat. Et je ne parle pas des pesticides, des OGM ou du nucléaire... »

Pascal Bordier

« Je partage l'analyse faite avec quelques réserves sur les propositions et les perspectives. Je ne cherche pas à avoir des réponses. Vous avez parlé de la dangerosité sans aller vraiment jusqu'au bout. Il faut dire la vérité : des nanomolécules ont été lancées sur le marché. Et certaines ont dû être retirées du marché, notamment en Allemagne : il s'agissait d'un produit ménager qui rendait les gens malades...²⁰. Vous pouvez donc dire que les entreprises ont de la morale, que ce n'est pas leur intérêt de produire des substances toxiques et que les comités d'éthique veillent... En attendant, ce produit a bel et bien été mis en vente. Selon moi, les "nanos" sont aussi dangereuses que l'amiante. Quant à la directive Reach, c'est une utopie. Sous la pression des lobbies, les parlementaires européens n'arrivent même pas à voter le minimum, à savoir le contrôle des molécules chimiques. Il y a des dizaines de milliers de molécules chimiques et on n'en contrôle que 10%.

Pour ma part, je suis inquiet. Je crois à la dangerosité des transhumanistes. Mais qui sont les promoteurs des "nanos" ? Ce ne sont pas les transhumanistes. Ce sont ceux qui investissent : pour moitié, les entreprises dans l'espoir de faire du profit, et pour moitié l'Etat, c'est-à-dire non seulement le CEA mais aussi la Direction Générale à l'Armement, qui investit soi-disant pour la défense. Avec les "nanos", l'infiniment petit, nous allons vers le contrôle social, le contrôle humain. Cela devient encore plus pernicieux. On voit bien que la démocratie est épuisée et que l'on va vers un projet de société totalitaire où les desseins capitalistes et étatiques se servent des médias pour vanter les emplois à venir.

19 Autorisation de Mise sur le Marché

20 Il s'agit très exactement du nettoyant ménager pour salles de bain Magic Nano, fabriqué par Kleinmann, qui a déclenché des phénomènes de détresse respiratoire chez 97 consommateurs allemands en l'espace de trois jours.

Plusieurs d'entre eux ont été hospitalisés pour un oedème pulmonaire. L'enquête est en cours. Source : L'Express, 18-05-2006



A Grenoble, de simples manifestants se sont fait évacuer, la police leur est rentré dedans. A Toulouse, il n'y a pas de raisons pour qu'une lutte ne s'organise pas. Non pas pour débattre, mais pour résister. »

Valérie Péan :

« La situation toulousaine n'est peut-être pas comparable à celle de Grenoble . »

Michel Grossetti :

« Et Minatec n'est pas le goulag non plus. Il ne faut pas exagérer. »

Qui a encore prise sur le développement technologique ?

Olivier Moch

« Je voudrais aborder le problème sous un autre angle. Finalement, dans une telle affaire, quelqu'un a-t-il réellement prise sur les choix d'évolution techniques et politiques ? Cette situation me semble être l'illustration type de ce que André Lebeau, ancien patron du CNES et de Météo-France, exprimait dans son ouvrage²¹ : certaines décisions peuvent être quelque peu reculées ou avancées, de quelques mois ou de quelques années, mais, à une échelle de dix ans, personne n'a et ne peut avoir prise sur le développement technologique.

Qui pourrait avoir prise ? Les hommes politiques, dont on a dit qu'au niveau européen ils suivaient les Etats-Unis ? Les chercheurs ? Les groupes de pression ? Des jurys citoyens tirés au sort ? Il me semble que cela échappe à tous. D'ailleurs, si Bush n'avait pas été élu ou si Drexler n'avait pas existé, cela aurait-il vraiment changé quelque chose ? A une échelle de dix ou quinze ans, un autre aurait lancé la machine. »

Lionel Larqué

« Nous sommes encore dans cette queue de comète post-1945, avec un modèle économique basé sur l'effet de croissance linéaire : l'investissement dans la recherche conduit à l'innovation technologique qui, elle-même, génère un progrès économique et social... En France, comme aux Etats-Unis, ce chaînage fait l'objet d'un accord politique complet. Nous n'avons jamais eu de débat pour déterminer ce vers quoi nous voulions aller.

Ce modèle est construit sur la réussite du "modèle bombe nucléaire". Mettez dans le projet Manhattan 200 grands chercheurs dans un même espace et vous obtenez la bombe atomique. Avant 1942, date de l'entrée en guerre des USA, le Parlement américain a débattu des années pour savoir s'il fallait entrer en guerre ou non. Au final, la décision est prise. Toute l'économie s'est alors reconcentrée sur l'effort de guerre, avec une mutation complète de l'appareil productif. Il y a d'ailleurs à ce titre un événement intéressant : c'est la seule année où aucune voiture n'a été produite aux Etats-Unis ! Cela signifie que par un effort politique et économique d'importance, on peut décider de réorienter l'ensemble de l'appareil productif. Certes, il s'agissait là d'une situation exceptionnelle. Néanmoins, l'état de crise écologique de la planète n'est-il pas un état de guerre tout

²¹ *L'engrenage de la technique, essai sur une menace planétaire*. Gallimard, Bibliothèque des sciences humaines, 2005



aussi exceptionnel ? On peut aussi en débattre pour savoir s'il faut réaffecter l'ensemble de l'appareil de production. Cela dit, à partir du moment où l'on arrive à produire un complexe militaro-industriel colossal comme l'ont fait les Etats-Unis, il est difficile de sortir de ce modèle. L'ensemble de la croissance américaine est porté par ce complexe militaro-industriel. Les USA ne sont de fait pas sortis de ce modèle et de la centralité de cet appareil sur les grandes questions et les grands enjeux.

En France, c'est la même chose. Une fois que nous avons la bombe, l'un des espaces où se concentre une grande partie de la maîtrise et du pouvoir scientifique, c'est le Commissariat à l'Energie Atomique, créé en 1945 : un pouvoir technocratique, voulu par le politique, aux fins de se doter de l'arme nucléaire. Et aujourd'hui, le CEA s'engage massivement sur la question des "nanos" dans le domaine militaire. On ne sait pas trop sur quoi ils travaillent. A première vue, ce serait dans le cadre d'une stratégie défensive.

Donc, vous le voyez, les transhumanistes ne sont pas les seuls à poser problème. Il y a aussi la question essentielle de l'affectation des ressources financières et politiques sans débat collectif démocratique. Ce n'est pas le miracle ou non des "nanos" qui nous intéresse, mais la façon dont on les met en démocratie. »

La critique du pôle grenoblois : une vision caricaturale ?

Alain Bénéteau

« La Fondation Sciences Citoyennes a six ans à son actif, mais il me semble qu'il va nous falloir deux siècles pour former la conscience citoyenne afin qu'elle porte un jugement là-dessus.

Je suis gêné par le débat tel qu'il s'est enclenché. Il faudrait que l'on me démontre comment la société a évolué autrement que par un processus d'acquisition des connaissances, de transfert de l'innovation et de développement économique. C'était vrai du temps de l'invention de la roue ou de la poudre par les Chinois, comme au temps de la machine à vapeur. S'il y a des nanotechnologies, c'est bien aussi que l'on va très loin dans les nanosciences. La science n'est même jamais allée aussi loin et elle arrive à un stade où elle peut porter atteinte au vivant. Voilà pourquoi les sciences de la vie sont aujourd'hui un secteur sensible.

Par ailleurs, le débat s'est orienté vers une critique - que je comprends et que je partage - sur ce que l'on appelle les complexes militaro-industriels. Il y en a toujours eu. C'est d'ailleurs bien pour cette raison que les Etats-Unis sont entrés en guerre. Quant à condamner Minatec comme vous l'avez fait, en portant les jugements que vous avez portés sur le système grenoblois, en accusant le CEA et le maire de tous les maux, je dirai que c'est caricatural. Je suis allé visiter Minatec... »

Valérie Péan :

« Est-ce que tout le monde peut visiter Minatec ? »

Alain Bénéteau :

« Oui »



Lionel Larqué :

« Non. Nous n'y sommes pas autorisés. »

Alain Bénétteau

« Quand je suis allé aux Etats Généraux de la Recherche à Grenoble, je me suis fait asperger de ketchup dans la rue, sans aucun commentaire, par les groupes qui protestaient contre les nanotechnologies... Nous sommes dans un processus très complexe mais aussi dans un contexte très violent. Au-delà de ces commentaires, la question qui inquiète légitimement le citoyen, ce n'est pas le complexe militaro-industriel qui a toujours existé, mais ce qui est en train de se passer par rapport au développement de la société.

La dissuasion nucléaire ne joue qu'à partir du moment où on a déjà lancé une première bombe. Cela nous a fait mesurer le carnage. Tout le monde veut la bombe atomique mais personne ne peut s'en servir, car ce serait la destruction totale. Je ne suis pas sûr qu'aujourd'hui il y ait un risque sur ce point. Sur l'amiante, il a fallu un processus long pour que les cancers se développent et que l'affaire soit rendue publique, entraînant l'interdiction de l'utilisation de ce matériau. On connaît à présent les risques liés à ces poussières et nous les avons en mémoire pour les nanotubes et nanoparticules. Cela devrait resserrer la période qui sépare l'évaluation des risques et la prise de décision.

Pour ma part, je l'avoue, quand il y a trois ans des industriels nous ont demandé de soutenir les projets de nanotubes, nous nous sommes dits : c'est du transfert et de l'innovation, allons-y ! Car à cette période là, le parallèle entre les nanotubes et l'amiante n'avait pas encore été établi. Entre temps, beaucoup d'industriels qui étaient prêts à investir dans les nanotubes trois ans auparavant, ne le sont plus aujourd'hui en raison d'une éventuelle nocivité. »

Lionel Larqué :

« Non, parce qu'ils ne seront pas assurés. C'est différent. »

Alain Bénétteau :

« Mais c'est pareil ! Personne ne peut assurer le risque sur les OGM. Les assureurs s'y refusent. Et comme on n'est pas assuré, on ne prend pas le risque. »

Lionel Larqué :

« Ne me faites pas dire ce que je n'ai pas dit : on ne sait pas s'il y a un risque. »

François Saint-Pierre :

« Si, il y a risque, même si son évaluation n'est pas encore assez précise. Le risque est le produit de la probabilité d'un événement par son amplitude, les deux valeurs précédentes étant évaluées avec des marges d'incertitudes, dans un modèle construit à partir des informations que l'on connaît. L'assureur ne couvrira le risque que lorsqu'il sera certain que la probabilité de "payer" bien plus que le montant des primes est quasi nulle. Actuellement, même avec des primes élevées, certains risques ne sont pas assurables. »



Le politique : un garde-fou de la puissance privée ?

Alain Bénéteau

« Aujourd'hui, toutes les régions se sont engagées sur des pôles d'excellence de recherches qui sont du transfert de connaissances et de l'innovation. On se bat pour que la recherche et l'acquisition des connaissances fondamentales soient gérées par la puissance publique. Ce n'est pas pour rien. C'est précisément pour que la puissance privée intervienne le moins possible.

La question qui m'intéresse est bien celle de la gouvernance. Et je suis prêt à inviter Lionel Larqué à un débat public au Conseil régional sur cette question.

Je voudrais revenir sur le principe de précaution, en rappelant au passage qu'il n'y a pas de risque zéro. Si on applique le principe de précaution avec l'idée de tout stopper dès qu'émerge un risque, on finit par ne plus rien faire. Dans ce cadre, la solution selon moi est de procéder à l'analyse coût/bénéfice, qui relève du débat politique, où les responsabilités doivent être discutées et reconnues. Car pour le moment, je trouve que nous sommes dans une grande confusion.

Je ne sous-estime pas cette histoire des transhumanistes. Il y a trois semaines, j'étais à un colloque à Bordeaux sur la civilisation numérique. L'implantation de micro-puces dans l'organisme génère des fantasmes tels que la possibilité de connecter des cerveaux aux ordinateurs. Des gens y réfléchissent sérieusement ! Dans ce cas, le rôle du politique est bien de contrer les lobbies. Mais comment faire en sorte que le politique puisse renouer avec le débat citoyen tout en sachant que la responsabilité sera politique ? C'est tout le débat Sciences et Société. »

Comment évaluer les nanosciences et nanotechnologies ?

Michel Grossetti

« Une première remarque. Le CEA n'est pas le seul organisme de recherche à avoir misé sur les nanotechnologies. Le CNRS en a fait une priorité depuis quelques années. Je me souviens d'une réunion où l'on nous avait expliqué que, du coup, en sciences humaines, nous aurions des "nanobudgets". Sur ces nanotechnologies, je repère un mécanisme bien étudié en sociologie des sciences, selon lequel des chercheurs constituent un lobby pour faire apparaître l'utilité sociale de ce qu'ils font, ce qui permet de réorienter l'essentiel des financements de la recherche vers leurs disciplines, généralement au détriment des autres. On connaît cela depuis plus d'un siècle. Un lobby mené parfois à juste titre. Je ne juge pas de la pertinence des argumentations.

Seconde remarque : ne sommes-nous pas dans un cas où les spécialistes qui pourraient évaluer la toxicité des produits des nanotechnologies ne sont pas du tout les mêmes que ceux qui produisent ces objets ? Cette situation est analogue à celle des OGM. Les gens qui font de la transgénèse ne sont pas du tout compétents pour évaluer l'impact sur l'environnement.

Ne devrait-on pas réfléchir à un équilibre des financements entre ceux donnés aux disciplines qui développent ces produits et ceux destinés aux spécialistes capables d'en évaluer l'impact ? »



Jean-Claude Flamant

« Je m'interroge sur le pouvoir de nuisance des fantasmes qui jouent un rôle important ici, plus fortement encore que pour les OGM.

Je suis un grand amateur de sciences-fiction. Et, effectivement, les années 30 ont été l'âge d'or de cette littérature, avec des auteurs principalement américains. Ce sont des fables sur nos sociétés et sur les technologies nouvelles. Mais à l'époque, ce n'était que de la littérature, voire de la poésie, auxquelles on ne prêtait pas une réalité. Cela semblait inaccessible. Or dans le domaine des "nanos", ce sont les scientifiques qui expliquent ce que sera notre avenir au travers des domaines dans lesquels ils travaillent. C'est un élément nouveau. C'était vrai aussi pour la transgénèse.

Plus les promesses sont extraordinaires, plus cela appelle des alertes dans notre société. Nous avons déjà connu des promesses extraordinaires qui ont provoqué des catastrophes. Et il n'est donc pas étonnant que la surenchère des "nanos" provoque une réaction forte dans nos sociétés.

Dès lors, que faut-il faire ? S'affoler ? Pousser à la révolte ? Continuons à travailler. Les fantasmes d'accord. Mais la science veut dire aussi quelque chose.

Il ne faut pas forcément être contre les nanosciences ou contre la recherche sur les nanosciences, car malgré tout, la science seule peut vérifier l'innocuité ou non des nanotechnologies. »

Brigitte Prévost

« Je suis contente qu'il y ait une autre séance car j'ai l'impression d'être dans le même débat que pour les OGM – avec des pour ou des contre – et de ne pas être véritablement rentrée dans le sujet. »

Le chercheur, l'Etat et le citoyen

Jacques Lefrançois

« J'ai bien noté qu'il n'y avait pas de révolution dans les nanotechnologies. Effectivement il semble y avoir un processus continu. Si je me rappelle bien, les travaux sur les fullerènes datent des années 80.

Il y a une inflation des investissements. En revanche, cela ne semble pas générer une accélération des applications. Quand il se passe une brutale inflation lyrique et qu'il y a un processus continu de mise au point qui date d'environ 20 ans, on se demande pourquoi cette différence ? Tout laisse à penser qu'il s'agit d'un symptôme. Reste à l'interpréter. Si l'on fait une analyse lexicologique, il y a une chose nouvelle, c'est l'utilisation du mot gouvernance. Celle-ci date, en France, de l'arrivée au pouvoir de Jean-Pierre Raffarin. Ce qui est réellement nouveau et en pleine accélération, c'est l'application de l'idée de gouvernance à la science qui réoriente le concept gouvernemental de l'utilité des chercheurs. Regardez, par exemple, l'OPA du Président de la République sur la biologie via le plan cancer, qui canalise des crédits, remobilise des chercheurs, réoriente des programmes. Tout cela est inédit. Et pourtant, il semble bien y avoir un consensus. Tout le monde est d'accord sur le fait qu'il doit y avoir une gouvernance de la science. Pour ma part, je n'en suis pas sûr. Jusqu'ici, la science se gérait elle-même, en grande partie de façon collégiale. »



Lionel Larqué

« Sur les questions du risque, il y a effectivement une discipline complètement anéantie en France, dans les domaines publics comme privés, c'est la toxicologie. Le nombre de toxicologue dans les multinationales ne cesse de chuter depuis les années 1980. Le problème ne se résume pas à la capacité limitée d'expertise du public ; il s'étend au domaine privé. L'un sans l'autre, cela ne marchera pas. Je ne crois pas une seconde en la fable des vertus républicaines du public. Pour que cela fonctionne, il faut un équilibre entre trois pôles : le citoyen, la politique publique, la gestion et l'économie.

La gouvernance scientifique, il n'y en a jamais eu. C'est l'affrontement des chercheurs face à l'Etat. Je vous rappelle que la CGT était dans les années 80 radicalement opposée à l'idée que l'ensemble des scientifiques obtienne le statut de fonctionnaire. D'où l'intérêt de revenir sur la question du statut du chercheur, d'y mettre un peu de perspectives et de ne pas s'arc-bouter.

Vous avez tous ri lorsque la question des jurys populaires a été évoquée. Cela ne me fait pas rire du tout. Il y a quand même des expériences très intéressantes sur les jurys citoyens, concernant les OGM par exemple, qui devraient nous interpeller sur la capacité des scientifiques à être raisonnables collectivement. Isabelle Stengers en a fait l'étude. Au début de la conférence, les "profanes" sont jugés forcément "irrationnels" face à des scientifiques qui sont l'incarnation de la raison et de la démarche expérimentale. Six jours après, on retrouve des scientifiques bousculés, perturbés dans leur croyance à pouvoir résoudre les problèmes et des citoyens qui sont entrés dans la démarche expérimentale et scientifique du questionnement, de l'hypothèse. C'est un renversement colossal. Il y a dans ces processus une solution possible à des résolutions politiques. Je ne fais nullement confiance au monde de la recherche pour gérer seul les affaires scientifiques. C'est en ce sens où nous faisons le pari de l'intelligence des citoyens plutôt que nous ne développons une vision des citoyens ignares et irrationnels par nature. »

Sur la question toxicologique, je partage l'avis de Alain Béneteau : comment gérer les risques ? Comment apporter un éclairage à une discipline complexe dont les impacts sont aussi anthropologiques ? Comment vit-on ensemble la question de la sécurité et du contrôle ?

Or, dans la mesure où les sciences dures consomment de plus en plus de capital, les sciences humaines et sociales passent à la trappe, alors même que le seul pôle d'équilibre intellectuel, philosophique et anthropologique, ce sont les ethnologues, les anthropologues, les sociologues qui l'apportent. Et il faut des dizaines d'années pour reconstruire ces disciplines détruites depuis trente ans. Lorsque Jean-Pierre Dupuy appelle à développer « l'évaluation de ce qui se passe en permanence », cela nécessite des moyens colossaux, et des rééquilibrages gigantesques, dépassant les malheureux pourcents des budgets des "hard sciences" ».



Jean-Pierre Launay

« La société évolue en permanence et la vie est un processus en équilibre. On ne peut donc pas figer les choses, les bloquer ... Je pense que dans les pays développés comme les nôtres, nous n'avons pas commis de graves erreurs du côté scientifique et technologique. Personne ne peut contester qu'on vit beaucoup mieux qu'il y a un siècle, plus longtemps et en bien meilleure santé. Reste, effectivement, qu'au niveau de la planète, c'est loin d'être aussi positif ; une partie de l'humanité vit encore dans la misère.

Un principe de précaution caricaturalement poussé aux limites, où la moindre incertitude stopperait tout, aboutirait à un risque d'une autre nature. Celui d'être dans une société bloquée, dans laquelle on interdirait toute innovation, toute entreprise, alors que nombre de jeunes sont prêts à mouiller leur chemise pour créer des choses nouvelles. Et on pourrait imaginer un « coup de balancier » politique qui conduirait à l'excès opposé. Par rapport à tous les dangers que l'on a évoqués, il faut donc ouvrir les yeux et détecter le plus vite possible les menaces qui pourraient arriver. Et à ce moment là, on se focalisera dessus. »