

COMPTE-RENDU INTEGRAL DE LA REUNION PUBLIQUE DE LYON 14 JANVIER 2010

**Applications médicales des nanotechnologies. Toxicologie des nanoparticules.
Le chercheur face à ses responsabilités de citoyen**

Panélistes : Claire Billotey (UCBL - CHU de Lyon - service de médecine nucléaire), Patrick Boisseau (CEA, Leti - délivrance des médicaments), Dominique Gombert (AFSSET - toxicologie des nanoparticules), Alain Chabrolle (réseau santé environnement de France Nature Environnement), Éric Quémeneur (CEA - Toxicologie), Patrice Marche (INSERM - immunologie) Jean-Pierre Cloarec (Institut des nanotechnologies de Lyon), Abdelkader Souifi (Institut des nanotechnologies de Lyon)

Animateurs : Jean Bergougoux, Jean-Pierre Chaussade, Jacques Arnould et Marie Pittet, membres de la CPDP

1



M. Jean BERGOUGNOUX.- Bonsoir à tous.

Applaudissements, sifflets, cris, vacarme, jets de papiers.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Nous sommes avec vous ce soir : Marie PITTET, Jean-Pierre CHAUSSADE, et Jacques ARNOULD sont dans la salle ; moi-même, Jean BERGOUGNOUX, je suis à la tribune.

Vous avez vu défiler en boucle les règles de base du débat public, notamment que l'objet de ce débat est d'une part d'informer et d'autre part d'écouter le public. Je vous demande donc, par courtoisie pour le public qui est là ce soir, de permettre que ce dialogue ait effectivement lieu. Je vous demande un peu de silence pour que l'on puisse débattre.

Je vous dirai tout de suite que je considère ces manifestations, qui empêchent l'expression démocratique de citoyens qui veulent s'informer et émettre leur point de vue, comme strictement intolérables. Je considère que c'est un acte d'essence totalitaire, qui est d'ailleurs en totale contradiction avec les inquiétudes que vous pouvez légitimement exprimer.

Dans la situation actuelle, je ne vois qu'une solution : suspendre le débat. A tous ceux qui sont venus ici ce soir avec l'intention de débattre, je présente mes regrets. Ils peuvent rentrer tranquillement chez eux.

Le débat reprendra à 20 h 05 sur Internet.

Cela étant, j'avais quand même des choses importantes à dire, et je vais essayer de les dire.

Vous avez vu défiler, et je ne vais pas recommencer, les principes de base de ce débat public. Je voulais faire le point pour vous dire où on en était. Le premier constat est que la circulation de l'information a été soutenue.

S'il vous plaît... je demande que l'on respecte la salle.

On arrête le débat. On le suspend. Rendez-vous à 20 h 05 sur Internet. Bonsoir.

La séance est suspendue à 19 h 45, puis reprend quelques minutes plus tard



M. Jean BERGOUGNOUX.- Nous allons faire un deuxième essai.

Hurllements, vacarme, slogans, jets de papiers. Inaudible.

M. Jean BERGOUGNOUX.- La circulation de l'information a donc été soutenue puisque nous avons eu 89 500 visites sur le site Internet et 685 articles sur les médias. Des contributions reflétant un large éventail d'opinions ont été obtenues : 46 cahiers d'acteurs, 2 770 participants aux réunions publiques.

Reste-t-il dans la salle des gens qui ont envie de débattre ? Il y a donc des gens qui ont envie de débattre. Laissez-les écouter.

Je vais passer à l'étape suivante et poser la question : être dans le débat ou ne pas y être. J'aurai pour une fois le plaisir de citer Pièces et main d'œuvre "participer, c'est accepter". Et d'y répondre en disant que participer, c'est accepter de défendre ses idées. Crier qu'on ne veut pas d'un débat... c'est juste votre avis. Laisser aux autres une chance d'en avoir un.

Inaudible.

Intervenant.- Il faudrait que l'on puisse en parler et laisser un peu la parole aux scientifiques. J'essaie de discuter avec quelques-uns d'entre vous, c'est impossible, il n'y a aucun argument, seulement des coups de sifflet.

Cris, hurlements, slogans : "le débat, on s'en fout, on ne veut pas de nanos du tout".

Intervenant.- Savez-vous ce que c'est ?

M. Jean BERGOUGNOUX.- C'est vraiment dommage, si vous avez des opinions, que vous ne veniez pas les défendre. Ce n'est pas une expression acceptable. D'autant plus que je considère que le débat sur le débat est légitime. Je comprends que vous êtes d'accord avec la formule qui est citée ici, mais moi je partage la seconde, c'est-à-dire qu'il faut respecter le débat, car le débat est une chose précieuse.

Intervenant.- Comment se fait-il qu'on ne puisse pas évacuer cette salle, qu'on empêche les gens de s'exprimer ? C'est complètement anormal.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Est-ce que cela se calme un peu ?



Hurlements, sifflets.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Quand vous aurez fini de gesticuler, nous pourrions peut-être parler.

Le vacarme se poursuit dans la salle.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Y a-t-il des panélistes qui ont envie de parler ? Je constate que les panélistes n'ont pas envie de parler.

La séance est levée. Rendez-vous sur Internet dans une demi-heure, c'est-à-dire à 20 h 20. À tout à l'heure. Le débat continue.

La séance est interrompue à 19 h 55. Les intervenants évacuent la salle et sont dirigés vers le site B, où la séance est reprise à 20 h 35. Une quarantaine de personnes sont restées dans la salle de l'Ecole normale supérieure ; elles communiquent avec les intervenants par visioconférence.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Je suis heureux de vous retrouver maintenant dans une ambiance plus calme. Vous avez vu que le dialogue était devenu impossible dans la salle prévue pour la réunion publique.

4

Je ne peux évidemment que présenter mes regrets aux Lyonnais qui étaient venus dans la salle et qui sont repartis découragés. J'espère qu'ils sont à présent chez eux, devant leur ordinateur, et qu'ils vont nous suivre sur Internet.

J'avais prévu de faire un exposé pour dire où l'on en était du débat. Malheureusement, dans le vacarme qui régnait, cet exposé était devenu incompréhensible.

Ce débat, qui a commencé le 15 octobre à Strasbourg, a maintenant quelque peu dépassé la moitié de sa durée et du nombre de réunions.

Le premier constat est que la circulation de l'information a été très soutenue. Nous avons eu à ce jour 89 500 visites sur notre site Internet et 685 articles dans les médias, très souvent des articles de fond de plusieurs pages, qui en quelque sorte étaient un amplificateur des informations que nous nous sommes efforcés de diffuser.



On peut donc dire que la première mission du débat public, informer un public aussi large que possible, a été bien accomplie, me semble-t-il, et ce n'est pas fini puisque nous avons jusqu'au 23 février pour continuer à vous informer.

Deuxième point : nous avons recueilli beaucoup de contributions, qui reflètent un large éventail d'opinions, 46 cahiers d'acteurs, c'est-à-dire de documents de quatre pages dans lesquels des entités aussi différentes que l'Académie des Sciences, France Nature Environnement, l'Union des Industries Chimiques, les syndicats, les agences chargées de la maîtrise des risques, ont pu s'exprimer et constituer une base documentaire extraordinairement précise. Cette base se trouve sur le site et reflète bien des opinions extrêmement variées.

Nous avons eu 2 800 personnes participant aux réunions publiques, 483 questions et 200 avis et contributions.

Là encore, ce qui importe, c'est déjà à ce stade du débat un large éventail d'opinions recueillies, qui permettent de faire un certain panorama des opinions que l'on va pouvoir rencontrer dans ce débat, même s'il n'est pas terminé.

Une première question : être dans le débat ou ne pas y être. Vous avez vu tout à l'heure sur des écrans les gens qui ont décidé de ne pas y être. La devise de Pièces et Main-d'œuvre, qui est en quelque sorte largement le moteur de cette attitude à l'égard du débat, c'est : "participer, c'est accepter". Ce à quoi j'ai répondu : "participer, c'est accepter de défendre ses idées". Personnellement, je trouve triste que ces gens, qui ont des idées et des analyses, n'aient pas jugé bon de les porter devant le public pour que l'on en discute. Nous avons eu par exemple à Clermont-Ferrand - parce que, qu'ils le veuillent ou non, ils sont dans le débat - une réflexion bien structurée sur les impacts sociétaux possibles du développement des nanotechnologies, si bien entendu on ne réussit pas à en maîtriser correctement le développement. De cela nous rendons compte, mais il est dommage que l'on n'en ait pas discuté davantage.

C'est leur droit le plus strict d'être en dehors du débat, mais ils ont décidé de surcroît de le perturber. Je trouve cette attitude totalement répréhensible : nous sommes en démocratie, et faire taire un débat démocratique, c'est criminel, n'ayons pas peur des mots, c'est une atteinte à la démocratie.

Par ailleurs c'est totalement incohérent, car ces personnes ont comme diagnostic que le développement des nanotechnologies peut perturber les libertés individuelles,



la nature même de l'homme, l'endoctriner, autrement dit être un instrument de destruction de la démocratie, et eux-mêmes s'efforcent de détruire l'approche démocratique de ce sujet.

C'est d'autant plus regrettable que nous n'avons en aucune manière exclu qu'il puisse y avoir débat sur le débat. Aux gens qui ont dit "ce débat ne sert à rien car tout est décidé, c'est simplement au mieux une opération d'information, au pire une information de propagande, donc il n'est pas utile", j'ai simplement répondu par ma conviction : c'est le quatrième débat que je préside, et j'ai toujours constaté qu'un débat servait à quelque chose.

En l'occurrence, le mieux serait peut-être de demander aux représentants des ministères qui ont demandé ce débat ce que l'on va faire de ce qui sortira de ce débat. Michèle ROUSSEAU, vous avez la parole.

Mme Michèle ROUSSEAU.- Je suis Michèle ROUSSEAU, du ministère chargé de l'écologie. Le reproche que l'on peut faire, et que font certains à ce débat, c'est qu'il intervient trop tard et que tout est déjà joué, donc qu'il ne sert à rien. Je voudrais dire d'abord qu'il existe forcément un décalage entre le moment où des recherches se développent dans un laboratoire, où les premiers produits sont développés, et le moment où l'on peut organiser un débat de ce type, parce qu'il faut un minimum de maturité pour pouvoir débattre en apportant un certain nombre d'informations. Il existe des produits qui sont déjà développés, commercialisés, et qui utilisent les nanos, mais ils sont peu nombreux par rapport à ceux qui sont en gestation dans les laboratoires du monde entier.

Les pouvoirs publics souhaitent agir d'une part pour aider les produits utiles à la société, et d'autre part pour s'assurer que pour tous les produits développés on sera vigilant sur les éventuels risques, qu'ils soient environnementaux, sanitaires ou sociétaux. C'est pour cela que le débat a été jugé nécessaire.

Il n'a pas été jugé nécessaire seulement par les pouvoirs publics ; il a été demandé à l'occasion du Grenelle de l'environnement par les cinq collèges, c'est-à-dire l'Etat, les collectivités locales, les syndicats de salariés, les entreprises et les associations de protection de l'environnement. C'est l'engagement 159 du Grenelle, qui a été pris fin 2007. Puis le Parlement a confirmé. La demande de ce débat se trouve dans la loi Grenelle 1, à l'article 42. À la demande de l'ensemble des collèges du Grenelle et du Parlement, l'Etat (sept ministères) a passé commande à la Commission nationale de débat public d'un débat public qui se déroule actuellement.



Qu'attendent les pouvoirs publics de ce débat ? Premièrement, fournir au public un état des lieux aussi complet que possible de ce qui est connu ; deuxièmement, écouter les attentes, les espoirs et les craintes des uns et des autres, sans aucun tabou. Ensuite ils répondront. Bien sûr, toutes les questions sont loin d'être tranchées. Parmi les décisions qui pourraient être prises à l'issue de ce débat, on pourrait par exemple, lorsque des aides publiques sont données, demander qu'un pourcentage significatif de ces aides soit dirigé vers des recherches en matière de protection de l'environnement ou de la santé. On peut essayer de peser sur les processus décisionnaires européens. On peut encore demander que les contrôleurs soient nombreux. Ce sont des exemples de décisions qui seront prises plus tard et seront toutes négociées. Je pense que le débat peut peser sur ces décisions, même si, bien entendu, il ne fait pas tout.

Voilà donc pourquoi ce débat a été commandé.

M. Jacques ARNOULD.- Nous sommes sur le site de l'École normale. Il y a une quarantaine de personnes autour de moi qui sont prêtes à débattre.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Oui, bien sûr : je souhaite vivement qu'elles participent au débat.

M. Jacques ARNOULD.- C'était pour vous informer que vous n'étiez pas tout seuls, et que le public est aussi avec vous via les ondes.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Il participera à part entière au débat, d'autant plus qu'il a été tout à fait méritoire et persévérant.

Qu'est-ce qui ressort aujourd'hui du débat ?

Il y a d'abord une position extrême, consistant à dire qu'il y aurait peut-être des bénéfices aux nanotechnologies, mais que les risques sont inconnus : la prudence est donc de tout arrêter, y compris la recherche. C'est la position d'un moratoire global défendu par les Amis de la Terre et par ceux que l'on aura entendus peut-être s'exprimer de façon plus ordonnée ce soir. Bien entendu, les chercheurs répondent qu'un moratoire sur la recherche est totalement inenvisageable, parce que ce sont les connaissances qui permettent d'avancer et de se prémunir contre les risques que pourraient présenter ces produits dans un univers mondialisé.



Cela étant, le public a clairement fait la différence entre certaines préoccupations, appelant sans aucun doute des analyses différentes.

Tout d'abord, il s'est évidemment intéressé à des produits manufacturés qu'il peut rencontrer dans sa vie courante et qui contiennent des nanotechnologies et des nanoparticules, ou qui pourraient en contenir. Nous avons trouvé là une préoccupation universellement partagée qui est celle de la traçabilité, et cela ressortira du débat. Les ministères concernés en tireront l'enseignement par la nécessité de déclaration des matériaux contenant des nanoparticules ou des nanomatériaux de façon plus générale, ainsi que par l'obligation d'étiquetage, pour que le consommateur soit informé et puisse choisir, si possible en toute connaissance de cause.

Bien entendu, la deuxième question qui se pose dans ce domaine est celle de la toxicité. Le public a constaté qu'il y avait un déséquilibre évident entre les efforts déployés notamment chez les industriels pour promouvoir des utilisations sans doute intéressantes, parfois peut-être plus futiles, des nanotechnologies, et les efforts de recherche que l'on consacre à l'appréciation de la toxicité et de la prévention. Là encore, il y a une demande très forte.

Le public a évidemment identifié le domaine médical comme l'un des domaines où probablement - nous allons en discuter dans quelques instants - les nanotechnologies peuvent apporter des progrès importants, mais il s'est aussi posé des questions qui peuvent découler des applications médicales : au premier rang, les toxicités possibles des nanomédicaments, mais aussi, plus profondément, le fait qu'on est en train d'intervenir sur l'homme et qu'il peut y avoir des dérives qu'il faut analyser et contrôler.

Le public a aussi évoqué, mais on n'est pas au bout de la discussion, ce qui tourne autour des perfectionnements, de la miniaturisation de l'informatique. Il est certain que personne n'a très peur de son ordinateur. On sait cependant qu'il ne faut pas le mettre à la poubelle en fin de vie et qu'il doit être recyclé. Ce dont on a peur, en revanche, ce sont des bases de données dans lesquelles les individus sont fichés. On a peur des puces de plus en plus petites, communicantes, et assurant cette fois une traçabilité des personnes, et pas des nanos. Il y a là des problématiques de libertés individuelles qui résultent de ces perfectionnements possibles de l'informatique. Nous n'avons pas été au bout de cette discussion, nous le ferons lorsque nous reviendrons à Grenoble pour y terminer le débat que, comme ce soir, nous avons été obligé d'interrompre.



Il y a en outre une attente du public en matière de ce que l'on peut appeler d'un terme un peu pompeux la gouvernance, c'est-à-dire les obligations de transparence, la réglementation, la mise en place s'il y a lieu de filières spécialisées pour la récupération de produits en fin de vie, l'élaboration de règles d'éthique, de codes de bonne conduite, etc. Cette question a commencé à émerger, mais va encore être approfondie pour arriver à une conclusion vers la fin du débat.

Le public a aussi bien compris que l'Europe a un rôle à jouer sur ces questions : elle soutient et cofinance la recherche ; elle élabore des règlements qui concernent les produits chimiques en général, c'est le règlement REACH, mais dans lequel la spécificité nano n'est pas identifiée, et des règlements nouveaux qui concernent par exemple spécifiquement les cosmétiques. Je pense que le public a parfaitement touché du doigt que nous avons nos domaines de souveraineté nationale mais que, dans d'autres cas, nous devons rester "euro-compatibles". Cela suscite évidemment débat.

Si un règlement typiquement national venait à s'opposer à la libre circulation des biens sur l'espace européen, que faudrait-il faire ? La réponse de l'Europe est assez intéressante, elle consiste à dire : "Essayez toujours. Si l'idée est bonne, tout le monde vous suivra. Si elle n'est pas bonne, vous ne réussirez pas à faire l'unanimité". Toutefois, la prééminence européenne, comme dans bien d'autres domaines, est tout à fait importante. Le public ressent à la fois que l'Europe est un processus compliqué, long, mais aussi que c'est strictement indispensable pour arriver à une cohérence.

9

Cette introduction a peut-être été longue, mais pour ceux qui nous rejoignent pour la première fois je crois qu'elle était nécessaire. Elle était nécessaire aussi pour expliquer que ce débat, dont certains se sont plu à souligner qu'il était perturbé, difficile à conduire - ce qui est vrai - a aussi déjà une valeur ajoutée, que personnellement je pense importante.

Nous allons, si vous le voulez bien, à moins qu'il n'y ait des questions sur cette introduction, passer à l'ordre du jour de cette séance, qui concerne les applications médicales, la toxicologie, et un thème sans doute important, le chercheur face à ses responsabilités de citoyen.

Avez-vous des questions d'ordre général avant cela ? Vous pourrez y revenir, c'est permis.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- J'ai une question.



Intervenant.- Il me semble que l'essentiel des molécules du vivant et des molécules produites au quotidien dans la chimie et la pharmacutique relève de l'échelle nanométrique. Comment identifie-t-on ce qui relève des nanotechnologies et ce qui n'en relève pas ? Comment ces molécules nanotechnologiques peuvent-elles passer au travers de REACH ?

M. Jean BERGOUGNOUX.- C'est une question très importante. Patrick BOISSEAU ?

M. Patrick BOISSEAU.- Votre question rejoint celle de la définition. Effectivement, vous avez raison, les molécules sont grossièrement de l'ordre de 1, 10, 20 nanomètres. C'est ce qui fait d'ailleurs les avantages et les promesses des nanotechnologies, et aussi ce qui soulève les craintes parce qu'il y a cette homogénéité d'échelle. Nous avons coutume d'appeler "nanotechnologie" des assemblages moléculaires, des produits ou des surfaces que l'on a conçus dans une application visée : ce ne sont pas des molécules qui ont été produites par la nature, mais que l'homme, avec un certain nombre de molécules naturelles, a produites dans un objectif bien particulier. C'est ainsi que l'on fait la distinction entre des nanoparticules, des nanosystèmes, des nano-objets et des molécules naturelles.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Cette définition vous éclaire-t-elle ?

10

Nous allons essentiellement ici nous intéresser en effet à cette approche de ce qui est produit par l'homme dans un but intentionnel. Il n'empêche que parfois nous déborderons un peu, car les gaz d'échappement ne sont pas produits par l'homme dans un but intentionnel ; il n'empêche que du point de vue de la pollution c'est quand même une réalité. Nous aurons l'occasion d'en reparler.

Nous passons aux applications médicales.

Claire BILLOTEY, de l'UCBL-CHU de Lyon, est spécialiste en imagerie médicale et fait de la recherche en cancérologie. Pouvez-vous nous expliquer en quelques mots ce que vous faites ?

Mme Claire BILLOTEY.- Mon travail consiste à évaluer l'intérêt d'utiliser la nanotechnologie en médecine, en particulier en imagerie et dans le traitement. Les gros avantages que l'on espère et que l'on observe sont liés à la diffusion de ces nanoéléments, qui passent très facilement les barrières biologiques, notamment la barrière cellulaire, ce qui permet d'utiliser ces outils comme vectorisation de médicaments ou de principes actifs, donc d'augmenter considérablement l'effet de



ces médicaments, ce qui peut permettre de diminuer la dose que l'on peut injecter, de diminuer les effets secondaires et d'augmenter l'efficacité sur les cellules tumorales, par exemple.

Ces nano-objets peuvent également avoir en eux-mêmes une activité thérapeutique et, du fait de leur nanotaille, on a un effet très concentré de cet effet. En termes d'imagerie, on peut détecter beaucoup plus précocement des lésions tumorales, par exemple. On peut également espérer obtenir un effet plus important d'outils thérapeutiques externes comme la radiothérapie. Ce sont des outils qui paraissent extrêmement prometteurs pour traiter mieux des cancers et les prendre mieux en charge.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Vous êtes dans une phase de recherche pure ou, d'ores et déjà, on peut aller vers des applications ?

Mme Claire BILLOTEY.- Il y a déjà des applications médicales en vectorisation. Certains produits sont utilisés pour le traitement de cancers où l'on a démontré que, grâce à la vectorisation de ces nano-objets, on augmentait de 50 % la concentration du médicament au niveau des tumeurs. Ces produits sont déjà mis sur le marché.

En termes d'imagerie, il y a déjà des nanoparticules qui sont utilisées, mais il s'agit beaucoup en ce moment de recherches pré-cliniques, avec, on l'espère, un transfert chez l'homme dans les trois à cinq ans qui viennent.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Merci. Des questions sur cette intervention ?

Mme Marie PITTET.- Un internaute a posé une question précise sur le traitement des cancers.

"J'ai appris qu'une des voies proposées par la recherche pour le traitement d'un cancer est d'utiliser des nano ou microparticules composées d'un métal noble (or, argent, etc.), de les placer sur une zone infectée et de les 'illuminer' afin que grâce à leur effet, celles-ci dégagent de la chaleur et tuent la zone infectée".

L'internaute voudrait en savoir plus sur cette voie de traitement et demande s'il y a déjà eu des études sur la toxicité de ces traitements.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Tout d'abord, ce qu'il dit est-il exact ?



Mme Claire BILLOTEY.- Oui, c'est exact. C'est de la photothérapie. J'ai parlé tout à l'heure d'augmenter l'effet d'un agent physique externe ; j'ai parlé de la radiothérapie externe mais, en l'occurrence, c'est de la photothérapie. La présence de ces particules va en effet augmenter cet effet. Ce sont des perspectives intéressantes. Quand on va utiliser ces produits chez l'homme, de toute façon on passera par la phase d'évaluation toxicologique. Les nano-objets deviennent des médicaments, un médicament passe par une phase d'évaluation toxicologique très importante et serrée. Quand on va l'injecter chez l'homme, la partie toxicologique aura été parfaitement vérifiée.

M. Patrice MARCHE.- Il faudrait faire deux commentaires.

Tout d'abord, dans le cadre de l'utilisation thérapeutique type traitement d'un cancer - c'est une question générale qui n'est pas spécifiquement lié aux nanotechnologies - quand on met en place une innovation, bien sûr il y a des tests de toxicologie, on passe par les voies réglementaires qui sont d'ailleurs extrêmement contraignantes et qui limitent beaucoup le développement de nouveaux médicaments, mais il faut également bien comprendre qu'on va avoir une exposition assez ponctuelle. C'est complètement différent de la problématique d'une exposition chronique dans un usage domestique. Je pense qu'il faut faire très attention à ces deux points de vue.

12

Deuxième point : dans les innovations thérapeutiques, il est clair que la première question que se pose le praticien, c'est le rapport entre le bénéfice et le risque. On peut tolérer dans certains cas de traitements, notamment de maladies qui sont absolument sans traitement à l'heure actuelle, comme certains cancers, quand on est démuné de médicament, il est clair que (*fin de phrase inaudible*). Il y a un gradient de considérations qui fait qu'à chaque palier il faut examiner au cas par cas.

M. Jean BERGOUGNOUX.- C'est-à-dire que vous avez une approche entre le bénéfice attendu et le risque, mais qui n'est peut-être pas de mise dans d'autres domaines...

M. Patrick BOISSEAU.- C'est le principe de la médecine. Le traitement doit prouver qu'il apporte des bénéfices supérieurs aux risques. Aucun traitement n'est sans risque, même l'aspirine qui peut avoir des effets secondaires.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Tout le monde a lu le Vidal pour les particuliers et on sait en effet qu'avec des choses très banales on peut mourir dans d'atroces souffrances ! C'est un cas limite



Mme Claire BILLOTEY.- Dans le cas du traitement anti-tumoral, de toute façon, par définition il faut utiliser des produits qui ont une toxicité sur les cellules, mais on cherche à avoir une toxicité limitée aux cellules tumorales. Les nanotechnologies peuvent aider à cela. J'ai parlé de la vectorisation, c'est-à-dire concentrer ce produit qui est toxique au sein des tumeurs et justement diminuer les effets secondaires sur les cellules saines. Quand on parle de traitement du cancer, la chimiothérapie utilise en effet des produits très toxiques, la radiothérapie est toxique aussi, mais le bénéfice que l'on en attend est de traiter la tumeur ; les nanotechnologies peuvent aider à diminuer les effets délétères de ces traitements sur les tissus sains.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Y a-t-il des questions dans la salle ?

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Oui.

Intervenant.- Une fois que ces nanoparticules sont injectées dans la cellule, que deviennent-elles ? Elles passent dans le sang ? Elles sont éliminées ?

M. Patrick BOISSEAU.- Quand on parle de "nanoparticules", c'est en réalité un vocable qui recouvre des particules très différentes.

13

Il y a des particules organiques, qui peuvent être biodégradables : au bout d'un certain temps, que l'on mesure, les composants de ces particules vont être dégradés et la particule va être éliminée par le métabolisme, un peu comme l'est un médicament.

Il y a également d'autres types de nanoparticules qui, elles, ne sont pas éliminées. Le principe de base des études de toxicologie médicale auxquelles il a déjà été fait référence est de comprendre ce qui se passe, où ces particules sont stockées, si elles sont détruites, au bout de combien de temps, comment elles sont éliminées. Il a déjà été fait référence au processus réglementaire, qu'il soit français, européen ou américain. Nous sommes obligés de fournir des études extrêmement détaillées pour convaincre les personnes en charge de la réglementation du devenir de ces particules. Aujourd'hui, il serait faux de faire croire que l'on peut injecter des nanoparticules qui ne vont pas être éliminées, parce que ce ne sont pas des matériaux qui vont être métabolisés par les cellules, et qu'on va les laisser *ad vitam aeternam*. Il y a des nanoparticules qui sont comme cela, qui ne peuvent pas être éliminées par les cellules ; donc une application chez l'homme est interdite. En revanche, ces nanoparticules peuvent être utilisées dans des tests de laboratoire



(analyses de sang ou d'urines) et permettront, grâce à des propriétés physiques particulières, d'améliorer les tests d'analyse. Il y a une réglementation qui limite l'utilisation de ces nanoparticules.

M. Jean BERGOUGNOUX.- En matière de médicaments, la réglementation est européenne ? Nationale ?

M. Patrick BOISSEAU.- Il y a plusieurs superpositions de réglementations : il existe une réglementation faite par pays, dans les Etats-membres de l'Europe, et une réglementation européenne. Dans le type de collaboration à laquelle je participe, on développe des particules et on va voir les agences avec un certain nombre de résultats qui montrent que cela va améliorer la distribution de certains médicaments ; en l'occurrence, on suit la réglementation française. C'est un long chemin, les essais cliniques prennent de nombreuses années. En revanche, si on veut aller par exemple en Allemagne, il faudra présenter un dossier à l'agence allemande de réglementation, etc. Ensuite, il y a l'agence européenne qui prend également cela en charge.

Quoi qu'il en soit, la santé publique reste une des politiques nationales.

M. Jean BERGOUGNOUX.- C'est très clair.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- La même personne veut continuer sa question.

Intervenant.- On parlait tout à l'heure de l'injection de nanoparticules d'or ou d'argent dans la photothérapie. On peut imaginer que ces nanoparticules ont du mal à s'éliminer par elles-mêmes : que deviennent-elles ? Elles ne sont pas biodégradables et elles sont déjà utilisées.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Elles ne sont pas biodégradables, c'est sûr : que deviennent-elles ? Patrice MARCHE ?

M. Patrice MARCHE.- Ce qui est connu dans les études, dans ce que l'on appelle la pharmacodynamique, c'est qu'il y a une élimination dans de grandes proportions par les fluides, par les urines. Dans les essais...

M. Jean BERGOUGNOUX.- C'est mesurable, cette affirmation ?

M. Patrice MARCHE.- Oui, bien sûr. Il y a des spectrométries de masse qui permettent



de détecter l'or. On ne détecte pas particule par particule, mais une quantité, on fait des études de masse. Cela a une limite : on ne peut pas exclure qu'il puisse rester certaines traces de ces particules dans des cellules particulières. À l'heure actuelle, on admet que 99,9 % des particules sont effectivement éliminées ; c'est la limite de la mesure. S'il reste 0,01 %, où se trouve-t-il ? Fait-il partie de l'incertitude de la mesure et l'on considère alors que tout a été éliminé, ou peut-il être séquestré dans certaines cellules particulières ? Ce sont les essais de phase 1 toxicité, qui permettent de montrer chez l'animal injecté si des syndromes se développent.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Il y a une nouvelle question.

Intervenant.- J'avais lu une étude qui portait sur la pilule : les femmes prennent des hormones qui se retrouvent dans les urines, et cela a des conséquences environnementales. Ne peut-on pas envisager la même chose avec les nanotechnologies ? Y a-t-il des études sur les conséquences environnementales de l'évacuation par les urines ?

M. Jean BERGOUGNOUX.- Avez-vous des éléments à ce sujet ? Qu'en pense-t-on du côté de l'Afsset ?

M. Dominique GOMBERT.- La question des rejets et du potentiel d'accumulation dans l'environnement est assez cruciale en matière d'usage des nanomatériaux. Je n'ai pas d'information particulière sur les rejets induits par des usages médicamenteux, mais il est vrai que pour beaucoup d'autres usages, comme l'imprégnation des textiles ou les usages dans le bâtiment, on sait qu'au fil des lavages ou de l'usure des bâtiments vont se poser des questions de relargage dans l'environnement. On sait aussi qu'un certain nombre de ces nanomatériaux vont avoir une capacité à se bioaccumuler, que certains d'entre eux vont avoir des effets non plus en termes de toxicologie mais d'éco-toxicologie, puisque certains des nanomatériaux, comme le nano-argent que l'on utilise en particulier dans les textiles, ont des capacités biocides très importantes. Aujourd'hui c'est une question regardée de très près.

Concernant les enjeux médicamenteux, on voit que l'on va être, en termes de volumes et de tonnages concernés par tous ces usages textiles, dans des tonnages bien supérieurs à ceux concernés par les usages médicamenteux, mais aujourd'hui ce sont des questions qui sont regardées de très près : la persistance, la bioaccumulation, et les effets de ces nanoparticules dans l'environnement, qui sont bien connus et qui sont d'ailleurs les caractéristiques pour lesquelles on les utilise.



M. Jean BERGOUGNOUX.- Effectivement, le thème du nano-argent a été une des vedettes de ce débat.

Mme Claire BILLOTEY.- Au niveau médical, nous avons quand même une spécificité, je rappelle la notion de bénéfice/risque, c'est que l'on veut traiter des maladies graves. Le côté environnemental est en effet très important, mais quand on traite avec une chimiothérapie, les produits toxiques sont rejetés également dans l'environnement. Dans la mesure où cela permet de traiter des cancers, c'est un risque qui me semble admissible, car on fait référence à quelque chose qui est essentiel pour le patient.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Bien. La salle commence-t-elle à être éclairée ou y a-t-il encore des questions ?

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Pour l'instant, il n'y a plus de question.

M. Jean BERGOUGNOUX.- J'ai envie d'en poser une aux chercheurs : Messieurs, travaillez-vous proprement ?

M. Jean-Pierre CLOAREC.- Je suis chercheur à l'Institut des nanotechnologies de Lyon, avec mon collègue Abdelkader SOUIFI. Nous travaillons dans quatre grands domaines : les matériaux, le domaine de l'électronique, celui de la photonique et du photovoltaïque, et celui des biotechnologies et de la santé.

16

Travailler proprement, c'est quelque chose que l'on a l'impression d'avoir à améliorer tous les jours. Au fur et à mesure que l'on identifie des difficultés ou de nouvelles questions sur notre plate-forme technologique (en l'occurrence Nano Lyon, qui regroupe l'ensemble des facilités que les différents chercheurs du laboratoire utilisent), c'est un point extrêmement important ; les questions d'hygiène et de sécurité à l'intérieur du laboratoire sont des choses sur lesquelles on ne peut jamais s'arrêter, on ne peut qu'améliorer les choses. Quand de nouveaux étudiants arrivent, la première chose que l'on fait est une formation en hygiène et en sécurité. Au-delà même des questions de nanoparticules, on est dans un laboratoire où il y a des activités en chimie, c'est un environnement dangereux. On est obligé de faire très attention à la formation des gens et nous-mêmes nous nous formons au fur et à mesure pour élever nos standards.

Je répondrai donc que l'on fait du mieux qu'on peut au fur et à mesure et que c'est un travail en constante évolution.



M. Abdelkader SOUFI.- En complément, c'est vrai que paradoxalement, quand on est sur une plate-forme comme Nano Lyon, on travaille en salle blanche. On pourrait donc dire qu'on est dans les meilleures conditions pour travailler proprement, mais dès lors que l'on travaille sur des nanomatériaux, comme les cristaux de silicium, de germanium ou d'arsenure d'hélium pour ce qui me concerne, on manipule des nano structures qui sont à des échelles où de toute façon, quand on installe un nouveau matériel, de nouveaux équipements, on est aussi aux limites de ce que nous fournissent les équipementiers, en termes de mise en sécurité des équipements. Il y a la mise en garde des utilisateurs, que ce soit des étudiants, des chercheurs confirmés ou du personnel technique, mais il y a aussi des équipements qui sont fournis avec un certain nombre de conditions et, quand on est sur de tous nouveaux développements, de tous nouveaux types de nanomatériaux, on est aux limites de ce qu'on est en train de développer nous-mêmes comme outils de nanofabrication.

Evidemment, l'explorateur qu'est le chercheur est toujours sur ces frontières, avec toujours comme principe le maximum de précaution. On est bien conscient de cette dimension, l'hygiène et sécurité est un enjeu majeur pour nous, ainsi que la protection de l'environnement.

M. Jean BERGOUGNOUX.- J'ai une demande d'intervention d'une personne qui est une fidèle du débat public, c'est Mme Arila POCHE, du ministère de la santé, qui veut intervenir sur un sujet que l'on a à peine effleuré, celui de la réglementation des médicaments.

Mme POCHE.- *(Intervention totalement inaudible)*

M. Jean BERGOUGNOUX.- Je crois que l'expérience est au-dessus de nos forces techniques.

Avant de quitter ce sujet des applications médicales, il y a des internautes qui ont posé des questions, dont l'une sur laquelle je souhaite revenir : est-ce que l'un d'entre vous veut tenter une définition des nano-biotechnologies ?
Monsieur BOISSEAU ?

M. Patrick BOISSEAU.- Nano-biotechnologie : on peut le séparer en trois morceaux, "nano", "bio" et "technologies".

"Nano" se réfère à la taille, 10^{-10} mètre, c'est-à-dire 1/50 000e d'un cheveu. Cela décrit



la taille des éléments.

"Bio", cela fait référence à tout ce qui est applications en biologie : la médecine, la recherche dans les sciences de la vie, l'agroalimentaire et l'environnement.

"Technologies" : cela se réfère aux mêmes commentaires que j'ai faits précédemment ; ce sont des objets, des services, des systèmes, qui ont été fabriqués par l'homme pour une application particulière.

Les nano-biotechnologies : on conçoit et on fabrique des objets qui sont de l'ordre de 10 à 100 nanomètres pour des applications en biologie, en médecine, en agroalimentaire, en recherche dans les sciences de la vie ou dans l'environnement.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Je précise que cette question a été posée par des lycéens. Pouvez-vous donner un exemple concret d'une application de ce type ?

M. Patrick BOISSEAU.- C'est une application qui a déjà été évoquée, mais je la trouve tellement prometteuse... En outre, c'est celle sur laquelle je travaille : délivrer un médicament, c'est-à-dire apporter un médicament. Je vais donner un exemple de projet en cours. Il existe des molécules pharmaceutiques extrêmement puissantes, par exemple pour détruire des cellules cancéreuses, mais si on les met sous forme de comprimés et qu'on les avale, elles vont se dégrader dans le tube digestif, et soit elles n'arrivent jamais jusqu'à la tumeur cancéreuse, soit elles créent des effets secondaires avant, parce qu'elles interagissent avec les cellules saines. En enveloppant cette molécule médicamenteuse, on peut protéger tout son transport dans le corps humain pour qu'elle arrive jusqu'à la cellule cancéreuse. À ce moment, le médicament qu'elle contient peut être largué et détruit la tumeur cancéreuse et uniquement elle. C'est une réelle amélioration thérapeutique et tout cela se passe dans l'échelle nanométrique.

18

M. Jean BERGOUGNOUX.- Il me semble que l'explication est claire. Marie ?

Mme Marie PITET.- Je voudrais transmettre des questions qui ont été posées par Internet.

Plusieurs concernent le thème des applications médicales actuellement à l'étude ou possibles. On a parlé surtout de cancer, mais y a-t-il d'autres applications déjà existantes ou en cours ?



À l'inverse, d'autres messages disent "les nanos, c'est cancérigène, donc c'est dangereux". Est-ce que l'on a fait des études sur les liens négatifs entre nanoparticules et développement de cancers ?

Mme Claire BILLOTEY.- Je vais répondre à la première question, qui est de savoir s'il y a d'autres applications que dans le traitement du cancer.

Il y a des applications potentielles en imagerie. Quand on met sous forme de nanoparticules des agents de contraste comme ceux qui sont déjà utilisés pour de l'imagerie par résonance magnétique, comme on augmente énormément le pouvoir contrastant lié à la nanoparticule, on peut améliorer la capacité de détection. C'est particulièrement intéressant pour des lésions tumorales, parce qu'on va pouvoir les détecter plus précocement, mais cela peut s'appliquer aussi à de l'imagerie en dehors du domaine de la cancérologie.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Bien. Patrice MARCHE, puis Alain CHABROLLE.

M. Patrice MARCHE.- Il y a aussi un grand champ d'application autour de la construction de nouveaux matériaux, notamment dans le cadre de substitutions. On va pouvoir penser à des choses qui se passent déjà dans les chirurgies orthopédiques, les problèmes d'articulations, etc. Il y a déjà beaucoup de travail de chimie et de création de nouveaux matériaux qui permettent une meilleure compatibilité et une meilleure acceptance de ces matériaux étrangers qui remplacent la fonction, ainsi qu'une meilleure résistance.

On est aussi dans une transition, ce type de travail n'était pas taxé de nanotechnologie il y a quelques années ; c'était simplement de la chimie. La définition de l'échelle nanométrique fait que la transition est aussi forte entre la chimie, la nanotechnologie et la biochimie.

En médecine, il y a aussi un grand champ d'applications potentielles qui sont en cours de développement, qui concernent des dispositifs implantés : le rêve récurrent d'avoir des capteurs intelligents qui puissent, par exemple, réguler le taux de glucose pour les diabétiques et avoir un système qui délivre l'insuline de façon régulée, ce qui leur épargnerait cette opération manuelle et très contraignante de se tester régulièrement et d'ajuster leur taux d'insuline. Si l'on arrive à un dispositif qui puisse combiner la détection et l'injection régulée, ce sera une avancée ; ce n'est pas encore le cas.

Enfin, un exemple qui concerne la micro et pas les nanos, mais qui est un exemple



historique qui trace la voie de ce développement, c'est le pacemaker. Il n'est pas nano, mais il pourrait le devenir, en réduisant la taille des sources d'énergie pour éviter de changer la pile aussi souvent.

Les potentialités en applications médicales sont extrêmement vastes et touchent pratiquement tous les secteurs.

M. Jean BERGOUGNOUX.- L'un des internautes cités par Marie parlait d'endoscopie et de chirurgie non invasive.

M. Patrice MARCHE.- Bien sûr. Il suffit d'aller dans un musée de la médecine pour voir les instruments que l'on utilisait il y a ne serait-ce que 200 ans. L'évolution des technologies étant de plus en plus rapide, la réduction de la taille des instruments a permis des progrès considérables. Ce sont des avancées qui existent. Continuer cette progression de réduction de taille permettra de poursuivre le progrès que l'on a déjà vu entre la radiologie classique et les systèmes d'endoscopie.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Alain CHABROLLE demande la parole.

M. Alain CHABROLLE.- Je suis peut-être le seul ici qui ne partage pas forcément l'enthousiasme de cette salle.

20

Pour rebondir sur ce qui vient d'être dit, je citerai le bulletin des Ambassades de France à l'étranger du 26 novembre 2009, qui cite des études américaines où on lit : *"Il existe une cancérogénèse pulmonaire chez le rat. Les mécanismes de génotoxicité ont été très peu étudiés jusqu'à présent dans les conditions in vivo. Une étude conduite par les chercheurs de l'université de Los-Angeles détaille ces effets sur les souris vivantes et indique qu'il y a..."*

M. Patrice MARCHE.- De quelle molécule ?

M. Alain CHABROLLE.- De l'oxyde de titane.

Je me permettrai aussi de faire un petit compte-rendu, car de nombreux internautes se demandent ce que fait France Nature Environnement dans ce débat. Je vais prendre quelques minutes pour le rappeler.

Je vais commencer par la gouvernance, qui est le quatrième pilier du développement durable, auquel nous tenons beaucoup. En préalable, j'aimerais



préciser une chose : comme les autres intervenants de France Nature Environnement je ne suis ni un industriel ni un financier ; je n'ai aucun intérêt dans les nanotechnologies, pas plus que les organisateurs de ce débat. Je suis un bénévole associatif, un militant depuis 35 ans, et je représente ce soir le réseau santé et environnement de France Nature Environnement, qui fédère en France des associations de protection de la nature et de l'environnement, plus de 3 000, plusieurs centaines de milliers de simples citoyens, responsables et engagés, qui s'intéressent à ce débat. Nous misons tout autant sur la contestation que sur la concertation.

Au sein de France Nature Environnement, il y a un réseau santé environnement dont je fais partie du directoire. Nous n'avons aucun salarié, aucun moyen dédié, nous n'avons jamais reçu aucune aide de qui que ce soit, et je tenais à ce que cela soit réaffirmé.

Au vu de la nature et de l'importance des incertitudes qui pèsent sur les nanotechnologies, France Nature Environnement s'est inquiété depuis plusieurs années du développement de celles-ci. Nous avons animé d'innombrables débats sur le sujet et fait plusieurs publications, dont la dernière est notre cahier d'acteurs.

Notre position et notre exigence sur les nanotechnologies et les nanoproduits vont bien au-delà des nécessités cruciales d'inventaire, de contrôle, de traçage, de surveillance, de réglementation, de régulation, sujets dont on n'a pas encore beaucoup parlé ce soir...

M. Jean BERGOUGNOUX.- Mais on va en parler !

M. Alain CHABROLLE.- Et ce qu'il n'y a d'ailleurs pas encore aujourd'hui. Nous pensons que c'est un choix sociétal, une affaire publique, et c'est bien parce que nous considérons que c'est une affaire publique que les représentants de France Nature Environnement dans le Grenelle de l'environnement ont exigé et obtenu que les nanotechnologies soient soumises au débat public, au sens plus large que celui-ci, c'est-à-dire celui de la convention d'Aarhus.

Aujourd'hui, le débat se poursuit dans le cadre de cette commission. Ce n'est pour nous qu'une étape, ce n'est pas une fin en soi, après "circulez, il n'y a plus rien à voir" ! Il est vrai que ce débat sur les nanotechnologies se déroule dans un contexte tout à fait particulier, puisque les nanoproduits sont déjà partout en France, en Europe et dans le monde. Tout le monde se demande donc s'il n'est pas déjà trop tard.



Nous avons déjà vécu cette problématique sur quantité d'autres sujets préoccupants, le nucléaire, le génie génétique, les OGM.

L'histoire nous a enseigné à ne pas être dupes, et notamment des spécialistes de l'acceptabilité sociétale, qui sont présents en Rhône-Alpes. Mais l'histoire nous a aussi enseigné à être déterminés, combatifs dans la durée. Nous savons que les lieux de débat public sont fort peu nombreux en France, encore plus rares dans la majorité des autres pays de notre planète, et que la mobilisation citoyenne passe aussi par ces moments et ces lieux, si l'on veut aboutir à une appropriation par tous de cet enjeu et à une exigence de décision collective citoyenne.

Pour revenir au débat de ce soir, des questions ont été pré-reçues par la commission, et curieusement aucune ne pose la question suivante : les nanoproducts sont-ils vraiment indispensables ? Pour quel véritable progrès humain et pour quel modèle de développement ? En a-t-on réellement besoin ?

C'est une question subversive, moi je la trouve éco-compatible avec le développement durable.

Dans la région Rhône-Alpes, et si l'on se réfère aux problèmes de santé et d'environnement qui préoccupent beaucoup les Rhône-Alpins, on est dans des agglomérations où, pendant une partie de l'année et pour une grande partie de la population, on est soumis au problème des microparticules qui affectent gravement la santé d'une partie de la population. On fait bien entendu le lien avec les nanoparticules.

D'où la question : l'urgence n'est-elle pas d'abord, et ce sont des choix dont on doit débattre, d'investir massivement dans la réduction de ces pollutions, la prévention des cancers, la sobriété énergétique, l'accès à l'eau et à la nourriture, avant de développer, sans véritable instance de contrôle ou d'éthique, ces nanoproducts ?

Pour nous, se pose une question issue de notre expérience et de nos observations : c'est le problème de l'analyse bénéfices/risques qui, pour nous aujourd'hui, compte tenu des lacunes des connaissances, du déséquilibre entre les connaissances et le développement massif de nanoproducts, est inapplicable. On pourrait mettre en parallèle le déséquilibre qu'il y a par rapport aux moyens de contrôle de l'Etat, le pourcentage affecté à la recherche par rapport à celui affecté à l'investissement industriel. On pourrait évoquer aussi, sur les problèmes d'alimentation, le problème à venir du quasi-démantèlement de la direction du contrôle des fraudes qui, au même titre que le manque de moyens d'inspecteurs du travail ou du manque d'inspecteurs



des DRIRE, nous interpelle sur les réelles possibilités de contrôle public et citoyen du développement de ces nanotechnologies.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Merci, Monsieur CHABROLLE. Nous ne doutons pas un instant de votre combativité au service de cette vigilance. Cela va nous amener à parler maintenant de toxicologie.

M. Jean-Pierre CLOAREC.- Quelques instants pour renchérir. Je suis content que vous posiez cette question, car nous sommes justement ici pour parler de ces questions qui sont extrêmement importantes. On reparlera de la place du chercheur par rapport à ces questions. L'encadrement au niveau de l'Etat, tous les outils institutionnels que l'on peut mettre en place pour amener aussi bien la recherche que la recherche dans un contexte de société, cela va être quelque chose de très critique, c'est vraiment le moment de mettre cela sur la table. Je ne peux donc qu'applaudir des deux mains. Nous parlerons aussi de cela tout à l'heure au niveau de la question de la formation des gens, pour les amener à être formés dans ce cadre de réflexion.

Mme Marie PITET.- J'aimerais tout de même revenir aux questions que j'avais posées de la part des internautes, car une de ces questions n'a reçu aucune réponse, celle sur le danger éventuel des nanoparticules ou des nano-objets : sont-ils cancérigènes ? Plusieurs questions inquiètes portent sur ce sujet.

23

M. Jean BERGOUGNOUX.- M. Eric QUEMENEUR, toxicologue.

M. Eric QUEMENEUR.- Ces questions sont extrêmement importantes et sont au cœur de la réflexion. Au risque d'être un peu technique, il est bon de préciser certains termes, car souvent les mots "danger, "risques d'exposition", etc., sont un peu mélangés.

Le danger, ce sont les propriétés intrinsèques des produits et l'un des enjeux des technologies va être de le domestiquer. C'est un peu comme pour le cheval : c'est dangereux, mais bien dressé et bien maîtrisé, cela peut être quelque chose d'utile à l'homme.

La chance que l'on va avoir, c'est que le référentiel physico-chimique mis en œuvre fait appel à des concepts très maîtrisés de la recherche et de la science ; on peut avancer avec des concepts très solides que l'on peut confronter à l'approche expérimentale.

Le danger, il va falloir le gérer, car cette propriété d'être toxique va être exploitée dans des gammes de dose et dans un ciblage adéquats.



Quant au risque, c'est une notion qui va intégrer ce danger inhérent à la particule, que l'on va pondérer par l'exposition, la concentration reçue au niveau d'un organe, d'un organisme ou d'un écosystème environnemental.

C'est un peu le produit de ces deux paramètres qui va définir une approche probabiliste.

C'est cette notion, peut-être difficile pour le grand public, qu'il faut se forcer à intégrer et à comprendre, car c'est celle qui va fonder l'approche raisonnée. C'est par une approche de probabilité infime que l'on va être amené à se prononcer sur le niveau acceptable ou pas d'une solution.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Jean-Pierre, la salle nous suit-elle toujours, ou bien M. QUEMENEUR est-il un peu abstrait ?

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Il y a plusieurs questions en réserve et je donne la parole à un premier intervenant.

Intervenant.- On a beaucoup parlé de l'utilisation de nanotechnologies pour sauver des gens en médecine et de la recherche dans cette direction. Il y a un corollaire intéressant, c'est l'utilisation des nanotechnologies pour tuer des gens et la recherche dans cette direction. Y a-t-il des applications militaires à ces mêmes molécules dont on se sert pour amener le médicament dans les cellules cancéreuses ?

24

M. Jean BERGOUGNOUX.- Ce n'est sans doute pas la spécialité de Mme BILLOTEY, mais peut-être M. QUEMENEUR a-t-il une opinion là-dessus ?

M. Eric QUEMENEUR.- Comme toujours, dans cette problématique que les chercheurs scientifiques connaissent bien, le progrès scientifique a toujours deux faces, comme Janus : on peut faire le pire et le meilleur avec les mêmes découvertes. Nous sommes tous très alertés, la déontologie fait partie de nos métiers, les chercheurs sont génétiquement programmés pour être prudent et vigilants sur les doubles usages. On est un peu au-delà de la science ; il y a un dialogue citoyen qui fait qu'à un moment donné les découvertes sont encadrées scientifiquement, éthiquement et réglementairement pour éviter ces dérapages.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Est-ce que le programme américain sur les nanotechnologies, qui était il y a un certain temps vraiment centré sur "l'amélioration" de l'homme pour en faire un combattant, ne laisse pas des traces ? Nous en trouvons en effet dans les courriers des internautes. Une partie des applications médicales, qui



au départ sont réparatrices, ne peut-elle pas dériver vers des "améliorations de l'homme" qui le rendraient plus intelligent, plus fort ?

M. Abdelkader SOUFI.- Concernant la question de savoir si l'on peut faire des armes ou pas avec des nanos, on me l'avait déjà posée lors d'un documentaire sur les nanotechnologies réalisé par Vivian Gateau, à Lyon, qui s'intitule "le Nanomonde ou l'abîme".

On peut toujours tout faire : on peut tout à fait imaginer faire du stockage d'hydrogène en utilisant du silicium nanoporeux, parce qu'on peut stocker de grandes quantités d'hydrogène et faire des sources d'énergie propre ; c'est magnifique, mais on sait bien que si l'on stocke de l'hydrogène très localement dans du silicium poreux, on peut aussi en faire un explosif. On est toujours sur la question de quel usage on veut faire d'une découverte. Il y a une vraie responsabilité sociale et humaine. Les risques encourus derrière chaque idée d'application, cela relève vraiment des choix collectifs, des choix de société. On ne peut pas tout anticiper. Avec un couteau, on peut tartiner du beurre sur du pain, mais on peut aussi trancher des gorges.

Cette question est délicate, mais avec le silicium poreux, oui, on peut faire des sources d'énergie propre, mais la même chose pourrait servir d'explosif. Il faut en être conscient. Nous, chercheurs, sommes conscients de certaines choses, mais nous avons des limites. On ne peut pas dépasser toutes les limites.

25

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Il y a une autre question, mais je voulais dire qu'à ce sujet, pour les questions d'armement et de défense nationale, nous aurons une réunion publique à Marseille qui porte sur ce thème mardi prochain. J'invite le public et les internautes à ce débat mardi prochain.

Une autre question depuis la salle.

Intervenant.- J'ai oublié qui était la personne qui parlait tout à l'heure ; il était particulièrement confiant dans la gestion des bénéfices et risques que l'on pouvait faire sur les nanotechnologies. Je me rappelle avoir lu une étude sur les nanotubes de carbone dans les pneus qui, en fin de compte, étaient cancérigènes et on l'a découvert bien après que cela ait été intégré aux pneus.

M. Jean BERGOUGNOUX.- C'est une question que l'on va poser à l'Afset.



M. Dominique GOMBERT.- De façon plus générale, pour revenir sur ces questions de toxicologie, de danger, d'évaluation des risques, il y a un premier sujet qu'on n'a pas complètement abordé, c'est celui de l'exposition des populations professionnelles, des gens qui travaillent sur les nanomatériaux. C'est un sujet qui a préoccupé l'Afsset ; cela concerne les chercheurs, les gens qui produisent des nanomatériaux et qui vont être y exposés dans des modalités différentes du grand public.

On avait essayé de quantifier cela il y a deux ans à l'Afsset. On estime à peu près à 10 000 (7 000 chercheurs, 3 000 personnes orientées vers la production) le nombre de personnes qui vont être exposées à ces enjeux de nanomatériaux, avec des niveaux d'exposition potentiellement beaucoup plus importants que ceux auxquels le grand public va être soumis.

En même temps, c'est un champ de documentation très important, à la fois en termes d'efficacité des outils de prévention. L'Afsset avait recommandé que l'on considère systématiquement les nanos manipulées dans ces contextes comme des substances dangereuses et que l'on mette en oeuvre les meilleurs dispositifs de protection.

En outre, on peut s'intéresser à la façon dont ils sont exposés et développer les outils de la métrologie des expositions qui vont nous permettre plus tard d'explorer la façon dont le grand public est exposé.

26

On sait que le grand public peut accéder à un certain nombre de produits, quelques centaines : des cosmétiques, des produits de loisir ; on a parlé des textiles et du bâtiment, qui vont utiliser des nanomatériaux. La question qui est posée au-delà de la toxicologie qui vise à caractériser les dangers intrinsèques des molécules, c'est la question des risques qui doit s'interpréter à travers l'exposition qui va être la nôtre.

J'aurais une vision moins optimiste que mon voisin de droite : il y a en effet des usages qui vont être tout à fait maîtrisés, avec des tonnages mis en oeuvre extrêmement limités. On citait l'exemple du nano-argent ; il y a aussi celui du dioxyde de titane, qui vont entrer dans des produits de grande consommation. Il faut évidemment se poser la question du devenir de ces nanomatériaux dans l'environnement et la façon dont *in fine* les consommateurs vont y être exposés.

Il faut bien dire qu'à la fois sur les volets caractérisation des dangers et caractérisation des expositions, il y a des zones d'ombre assez importantes.



On parlait des enjeux en termes de connaissance, je vais citer un seul chiffre : il y a des sommes considérables investies en matière de développement aujourd'hui et, quand on porte un regard critique sur les publications scientifiques qui sont produites, on se rend compte que seulement 1 % des publications scientifiques sont dédiées à l'étude des dangers et risques associés aux nanomatériaux. Il y a un véritable déficit en termes de connaissances de ce volet impact sanitaire potentiel. Il y a vraiment un chantier extrêmement important, qui porte sur la connaissance des dangers, qui peut être éminemment variable d'une nanoparticule à une autre. On parlait tout à l'heure de l'aspect cancérigène : il y a effectivement des publications, qui ont d'ailleurs été qualifiées par le Haut Conseil de Santé Publique comme des publications d'alerte, qui portent sur les nanotubes de carbone.

À un bout du curseur on a les nanotubes de carbone ; à l'autre extrémité on a des nanomatériaux pour lesquels aujourd'hui on n'a pas vraiment d'élément qui permette de suspecter des dangers, même si la plupart des travaux restent à conduire.

De la même façon, pour évaluer les risques, on sait aujourd'hui que les méthodologies utilisées pour les substances chimiques sont un peu à leur limite. Il faudra, face aux nouveaux défis auxquels on est confronté, inventer des méthodologies nouvelles pour répondre rapidement aux interrogations posées aujourd'hui. On sait que, demain, on ne pourra pas faire d'évaluation des risques comme pour les autres substances chimiques, justement parce qu'il y a un certain nombre d'enjeux et de lacunes en termes de connaissances. Cela renvoie aussi à toute la question des outils de la gouvernance. On a parlé de la réglementation ; on sait qu'il existe en la matière un certain cadre ; on sait qu'en fonction des types d'usage des nanomatériaux on peut avoir des hétérogénéités de réglementation : par exemple, pour les cosmétiques, on n'est pas au même degré d'avancement que pour REACH, ni même que pour les aliments. Il y a vraiment un effort d'harmonisation. REACH ne prend pas explicitement en compte les nanomatériaux et on sait qu'il y a un grand champ d'investigation dans ce domaine. Cela renvoie dès à présent à la question de la façon dont on doit peut-être limiter les expositions du grand public en fonction des types d'usage. Je n'irai pas jusqu'à bénéfiques/risques, car je rejoins ce que disait mon voisin, ce sera peut-être difficile de faire cela tout de suite, mais entre le médicament et la chaussette en nano-argent on voit qu'on a une palette d'usages assez large et on a peut-être des éléments de bon sens ou assez implicites en termes de réponse sur ces coûts et ces bénéfices.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Il y a deux questions, dont j'aimerais qu'elles soient posées l'une après l'autre. Ensuite vous répondrez. La salle participe et réagit. Je



passé le micro à la première personne.

Intervenante.- Je souhaite revenir sur les propos du représentant de France Nature Environnement, Alain CHABROLLE, et sur l'idée du bien-fondé et de l'utilité des nanotechnologies. Je trouve que c'est une idée essentielle. On veut trouver de nouvelles technologies, des nanotechnologies, pour réparer certaines choses que notre propre mode de vie, et les technologies récentes comme les microparticules, ou la pollution, ont provoquées. C'est une chute sans fin : encore plus de technologie pour réparer des choses que l'on a faites. On ne connaît pas non plus les risques, donc on en rajoute. Quand on sera face aux risques, on essaiera de trouver encore autre chose, au lieu de réparer et d'aller à la source de nos problèmes, de nos cancers, de nos soucis d'environnement.

Intervenant.- Toujours dans la thématique de l'amélioration de l'homme dont on a parlé avec les utilisations militaires, je voudrais savoir si l'on pourra plus tard, grâce au microscope à effet tunnel ou aux microparticules, réorganiser les organes, des tissus, des cellules, pour créer de nouvelles fonctions organiques.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Ce sont deux questions assez distinctes. Monsieur CHABROLLE ?

28

M. Alain CHABROLLE.- Le problème de l'utilisation militaire ne peut pas être évacué à la légère. Quand on évoque l'idée du couteau, il se voit, mais les nanoproduits sont invisibles ; les puces RFID, on peut effectivement en mettre partout à notre parfait insu. C'est quand même au cœur des interrogations sur le nanomonde.

Je voudrais aussi que l'ensemble des personnes qui nous écoutent, puisque j'ai un peu plus de 35 ans de militantisme dans l'environnement, aient en mémoire les mêmes débats que l'on avait il y a 35 ans, ou 20 ans, ou 10 ans, sur les pesticides, les PCB, les OGM, l'amiante. La France peut être exemplaire au même titre qu'elle peut essayer de l'être sur le volet OGM. Je pense qu'on ne peut pas évacuer à la légère les interrogations, en mémoire de toutes les erreurs que l'on a commises jusqu'ici et qui coûtent très cher aujourd'hui en santé humaine et à l'ensemble de la société.

Je voudrais aussi revenir sur ce qu'a dit l'Afset concernant le rapport de 1 à 100 entre des publications relatives à la santé et à l'environnement et le reste des publications. Pour nous, ce rapport est encore beaucoup plus important, de 1 à 1000 dans certains domaines qui touchent le cœur du domaine santé environnement.



Il faut rappeler le slogan que l'on peut lire dans le CNAM : "Pas de connaissances, pas de marché". Or, aujourd'hui, on est dans un système totalement inverse.

Pour revenir au problème de la toxicologie, on est dans un champ de produits, plusieurs centaines avec des voies d'expositions multiples, avec une démultiplication des expositions, qui induit, plus que d'autres produits, une multiplication des risques possibles. Un risque, même faible, par individu, avec une population concernée aussi importante, représente pour nous un risque sanitaire non négligeable à l'échelle d'une population. Je voudrais que l'ensemble du monde de la recherche ait bien cela en tête quand on parle de risques sanitaires et de risques environnementaux.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Merci. Il vous a été posé une question intéressante, que l'on a trouvée chez les internautes et à Strasbourg par exemple : au fond, bon nombre de cancers sont liés à des pollutions environnementales, et la répartition de ressources rares que constituent les crédits ne devrait-elle pas être portée plutôt sur la cause que sur la guérison ?

Mme Claire BILLOTEY.- Il faut faire les deux. Il faut trouver les causes et évaluer l'effet toxique de particules industrielles, etc., mais cela me ferait froid dans le dos de me dire qu'on ne continue pas la recherche pour améliorer le traitement de tumeurs. Il faut savoir qu'actuellement il y a des tumeurs qu'on ne sait pas traiter. On ne parle pas de cosmétologie, mais de faire en sorte que des patients ne meurent pas au bout de trois mois, parce qu'il n'y a pas de traitement efficace contre leur tumeur.

29

Je pense que ce n'est pas seulement dû au fait que je suis médecin, mais pour moi le débat doit être différent quand on parle de l'utilisation des nanotechnologies pour le traitement et les applications médicales, ou de toutes les autres applications.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Bien.

Nous avons reçu une intervention assez longue de la part d'un chercheur du service de pneumologie au laboratoire de minéralo-pathologie du centre hospitalier Saint-Joseph.

Il considère que le débat que nous menons est indispensable et que les pneumologues sont en première ligne pour identifier d'éventuels effets pathogènes pulmonaires dus aux nanoparticules ou nanofibres.

Comment réagissez-vous à cela ? Et puis, quand même, dans le débat on a eu



"nanotube de carbone égale amiante".

M. Patrice MARCHE.- C'est une lapalissade. Que les pneumologues soient les mieux placés pour voir les maladies des poumons... Là au moins, on n'est pas dans un secteur polémique !

Il y a plusieurs voies d'exposition : les voies majeures qui posent questionnement et qui orientent la recherche sont essentiellement l'exposition aérienne par les aérosols (car il est extrêmement difficile de filtrer les nanoparticules en raison de leur petite taille, alors que le poumon, lui, filtre parfaitement), et la voie digestive.

Je ne parle pas là des produits cosmétiques, où la problématique de l'exposition cutanée est importante, mais on parlait tout à l'heure des professionnels qui sont à la production et qui sont les plus exposés. On considère à l'échelle européenne que l'exposition cutanée au risque environnemental est moins fortement perçue, en ce sens que l'on peut assez facilement protéger le travailleur avec une combinaison hermétique, alors que c'est beaucoup plus difficile sur les voies aériennes ou digestives.

Mme Marie PITET.- J'ai une question qui s'adresse à vous, en tant qu'immunologiste et qui est revenue à diverses reprises via Internet : *"Selon les renseignements que j'ai recueillis sur divers sites, notamment aux Etats-Unis, l'avancement des nanotechnologies permet d'introduire dans un vaccin une nanopuce qui permettra par la suite de donner des informations importantes sur l'individu. Est-ce déjà possible ?"*

30

La question revient souvent, il y a donc quelque chose qui circule à ce sujet.

Question annexe : quels moyens a-t-on pour vérifier ce que contiennent les vaccins ?

M. Patrice MARCHE.- Bien évidemment, ils sont contrôlés. Il suffit d'aller voir les unités de production de vaccins dans la région.

Je ne comprends pas bien "nanopuce" : il y a des problèmes de taille, cela me paraît assez fantaisiste, mais je suis preneur pour que l'on m'informe sur ces sites Internet. Je suis immunologiste : si effectivement un tel dispositif existait, cela m'intéresserait à titre expérimental pour suivre la réponse immunitaire localement. Il n'y a pas de dispositif qui permette d'injecter, d'enregistrer et de transmettre des informations aussi complexes. Je ne dis pas que dans 20, 30 ou 40 ans cela ne pourra pas exister, il faut



en effet se poser la question de savoir s'il faut travailler à miniaturiser, mais aujourd'hui non.

Mme Claire BILLOTEY.- Quand bien même cela existerait, je reviens au fait que les médecins ne vont pas aller injecter ; on a une éthique et, à moins de tomber sur le Dr Folamour, quand on vaccine les gens il est évident qu'on n'a pas ce genre d'objectif d'introduire une puce.

M. Patrice MARCHÉ.- Il y a un argument économique : imaginez-vous le prix d'une dose de vaccin, pour ceux qui sont dans la filière industrielle ? Produire un nanodispositif, ne serait-ce que la plus petite puce qui puisse faire une fonction élémentaire, cela ne résiste pas à une analyse de bon sens.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Vous avez prononcé le mot d'éthique.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Il y a trois questions dans la salle.

Une question ne semble pas avoir eu suffisamment de réponse, je redonne la parole à la personne qui l'a posée.

Intervenant.- Elle n'a pas eu de réponse du tout ! Je voudrais savoir si l'on pourra, grâce à un microscope à effet tunnel, réorganiser à distance des organes, des tissus, pour créer de nouvelles fonctions organiques. On a beaucoup parlé de nano-robots, de nanoparticules, je voudrais savoir si cela peut se réaliser à distance.

Mme Claire BILLOTEY.- L'organisme humain marche très bien, sauf quand il est malade. Cela me paraît être là encore de la science fiction.

M. Patrick BOISSEAU.- Pour compléter, il y a un domaine de ce que l'on appelle la nanomédecine, c'est-à-dire l'utilisation des nanotechnologies en utilisation médicale, qui s'appelle la médecine régénérative. Prenons par exemple une lésion d'un os chez une personne âgée : on essaie d'aider le corps à se réparer lui-même. Il existe par exemple ce que l'on appelle des échafaudages, qui sont faits dans des matériaux biocompatibles sur lesquels l'os peut repousser ; cela permet une cicatrisation en interne.

Ce n'est pas du tout télécommandé par l'extérieur. C'est comme une sorte de prothèse, d'implant que l'on met au niveau de la zone osseuse qui est abîmée et qui va aider à la régénération. Avant, on mettait un plâtre à l'extérieur de la jambe ; là c'est une aide à la guérison interne.



C'est ce que l'on appelle la médecine régénérative. En général il y a deux composants : le bio matériau sur lequel vont pousser les cellules osseuses, et reconstituer un os.

M. Jean BERGOUGNOUX.- A-t-on répondu à votre question ? C'est le "à distance" qui vous pose problème, on dirait.

Intervenant.- Oui, mais manifestement ce n'est pas possible. Merci pour la réponse sur la régénération.

Je voudrais seulement dire à la personne qui parle de science fiction que ce problème a été soulevé par Eric Drexler, qui est un nano-scientifique très connu. On a dit de lui qu'il était un auteur qu'il fallait comparer à Jules Verne, c'est-à-dire qu'il anticipait. Jules Verne a anticipé beaucoup de choses : le sous-marin, le satellite, l'hélicoptère, etc. Il ne faut pas non plus parler de science fiction pour l'opposer forcément à la science. Il y a des spéculations intéressantes qui sont faites par des scientifiques. Pour essayer de minimiser les craintes qu'il a eues, on a comparé Eric Drexler à Jules Verne. Je ne trouve pas cela très correct.

M. Patrice MARCHE.- J'ai bien compris l'argumentaire. Jules Verne n'a pas décrit de moyens technologiques, mais l'objectif. Il a décrit le fait d'aller sous la mer, mais pas le moyen d'y aller. L'objectif d'aller sur la Lune était partagé pas seulement par Jules Verne ; mais technologiquement ce qu'il proposait était farfelu.

Jules Verne était en effet un visionnaire par rapport aux grands enjeux de l'humanité, à l'espérance d'atteindre de grands objectifs ; mais pas un visionnaire du point de vue méthodologique et technologique.

Cela dit, je suis d'accord avec vous : vous pouvez comparer M. Drexler à Jules Verne, c'est la même catégorie. Il apporte peut-être des réflexions sur des prévisions, mais du point de vue méthodologique ou technologique, il n'y a pas d'aspect scientifique dans ses propositions.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Une autre question.

Intervenant.- J'aimerais que les choses soit bien clarifiées sur les questions d'altérations de l'individu. Cela circule beaucoup sur Internet, au cours des éventuels programmes américains visant à faire des implants nanotechnologiques sur leurs soldats pour produire des améliorations, capacité à communiquer silencieusement, etc. Quelle



est la pertinence de ce genre de projets dans l'état actuel des compétences technologiques, dans les capacités que l'on peut anticiper ? Où en est la réflexion éthique sur la question ?

M. Abdelkader SOUIFI.- Cela tombe bien, c'est une question qui est dans la continuité du sujet précédent. Effectivement, il y a beaucoup de sources d'information et, en même temps, grâce aux nouvelles technologies que chaque citoyen peut utiliser, on a accès à de plus en plus d'informations sur Internet, dans des revues, spécialisées ou grand public.

L'intervention que je vais tenter de faire tout à l'heure porte sur le lien science-société. La place du chercheur là-dedans, c'est que... quand on prend par exemple une revue assez récente, de novembre ou décembre, la Recherche, le Monde, on peut dire que c'est à la fois la vision de ce qui se fait et de l'état de la recherche, et une vision de ces applications dans la société. Je reconnais pour le coup une certaine part de responsabilité, y compris des chercheurs, quand ils communiquent sur l'état d'avancement de leurs travaux de recherche, pourquoi ils font quoi et à quelle échelle de temps ils vont réaliser quoi.

Sans faire de grande démonstration, je vais citer le titre de cette revue, "Les découvertes qui vont changer l'avenir". Il y a effectivement cette idée de promesse plus ou moins rapide de la recherche.

33

Je vais vous lire quelques titres d'articles sélectionnés dans cette revue : "Et si l'on manipulait le climat - Comment lutter contre le réchauffement climatique : le prix Nobel Paul Crutzen propose de larguer un million de tonnes de soufre dans l'atmosphère pour diminuer en quelques années la température moyenne de la planète". C'est osé, c'est très controversé, mais c'est un prix Nobel qui pose la question dans une revue de vulgarisation scientifique accessible à tous. Du coup, la légitimité de l'inquiétude citoyenne est compréhensible.

Deuxième exemple, puisqu'on parle de modification de l'humain : "Les habits neuf de l'homme bionique" : Le sous-titre est le suivant : "Mécanique, électronique, informatique et bien d'autres techniques s'allient pour enrichir le catalogue des pièces détachées artificielles permettant de réparer notre corps et potentiellement de l'améliorer".

Nous avons la responsabilité, dans le milieu scientifique et de la recherche, de savoir ce que l'on communique, ce qui relève de la science, ou parfois de la science



fiction. Drexler, qui a été mentionné tout à l'heure, est un très bon anticipateur, mais un scientifique n'est pas un auteur de science fiction. Il y a, à un moment donné, une responsabilité de pouvoir parler d'une certaine façon, de ce qui est scientifiquement du domaine du possible et de ce qui est technologiquement du domaine du réalisable à large échelle.

Aujourd'hui il y a une confusion dans l'échelle de temps entre ce que l'on peut faire et ce que l'on pourra faire.

Si je prends l'exemple de l'INL, évidemment il y a une équipe qui travaille sur les capteurs dans des applications biologiques et médicales, dans le but d'améliorer le confort des personnes, mais on peut imaginer qu'il puisse y avoir des programmes beaucoup plus confidentiels dans lesquelles il y a d'autres applications.

C'est bien cette question qui pose problème : devant la masse d'informations disponibles pour tous, chercheurs et citoyens, arriver à faire le tri entre la science et la science fiction n'est pas toujours facile.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Patrick BOISSEAU souhaite intervenir sur cette question. C'est un observateur assez bien placé.

M. Patrick BOISSEAU.- Cela fait 7 ans que je travaille dans le domaine des nanobiotechnologies, surtout en Europe, et que le mot nanobiotechnologies a commencé à être utilisé à large échelle.

Au début, on va distinguer deux périodes et on est en train de passer de la première à la deuxième. Il y a eu une phase de foisonnement d'idées, autant d'idées saugrenues que d'idées extrêmement pertinentes. On peut imaginer qu'il y a eu autant de publications de science fiction, de choses qui n'ont aucun sens, et de choses qui peuvent aboutir à des applications.

Il y a donc eu cinq ans de foisonnement d'idées, et maintenant, puis les gens ont fait de la recherche, les industriels on fait des études pour savoir s'il y aurait des marchés, les autorités de réglementation s'interrogent sur la façon de le réglementer, et maintenant on arrive à une phase où tout ce qui était ubuesque disparaît, soit parce que les gens ne trouvent pas de financement, soit parce que cela paraît complètement farfelu.

J'ai l'impression qu'on arrive maintenant à une phase où l'on se reconcentre sur des



applications plus prometteuse. Ce n'est pas aussi large que ce que l'on imaginait il y a cinq ou même trois ans et les recherches se focalisent sur des choses... il y aura peut-être encore du déchet et cela n'aboutira pas à des applications disponibles pour les citoyens ou les patients, mais j'ai l'impression qu'on est en train de changer un peu cette phase.

L'un des participants dans la salle mentionnait les écrits d'Eric Drexler ; c'est un bel exemple de la littérature qui était disponible à cette époque,. Il y a eu autant d'articles contre Eric Drexler que d'articles pour. On manquait de repères, de certitudes, de résultats, qui nous permettent de dire "ça c'est ubuesque" ou "ça c'est pertinent".

M. Alain CHABROLLE.- Si on fait un historique sur les nanotechnologies, notamment à partir des années 80, on est quand même assez éloigné en ce moment des idées généreuses, utopiques, des promoteurs qui visaient le développement durable et des besoins fondamentaux de l'homme.

On est confronté avec les nanotechnologies, pour la première fois et plus que jamais, à des outils qui permettent d'intervenir sur les mécanismes fondamentaux du vivant. Cela pose quand même des questions réelles sur l'intégrité et la dignité humaine, on n'est pas dans le domaine de la pollution, de l'éco-toxicité, mais bien dans la place de l'homme dans le développement de ces techniques.

35

On pourrait être tout à fait rassuré, mais dans la région Rhône-Alpes, quand les associations interpellent certains chercheurs, certains industriels, ainsi que les services de l'Etat, sur les moyens de contrôle, je peux vous affirmer que l'on est confronté à la plus grande opacité. Les services de l'Etat eux-mêmes nous disent "On ne peut pas, on ne sait pas et ce n'est même pas de notre ressort de contrôler". Je pourrais vous montrer maints courriers de réponses des uns et des autres sur le sujet.

Donc, quels garde-fous sur l'éthique, la médecine, les libertés individuelles, aux différents niveaux territoriaux de gouvernance, au niveau français, européen ? Avec quels pouvoirs, et quels moyens nécessaires ? Je pense que la CNDP transmettra des propositions très fortes dans ces domaines, car c'est vraiment au cœur du débat.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Peut-on toujours transmettre des avis ou des questions ?

M. Jean BERGOUGNOUX.- Oui, bien sûr, mais essayons de rester sur le même sujet.



Intervenant.- (Début inaudible).

Je trouve que les réponses qui ont été faites, et qui parlent de la science-fiction comme étant des choses ubuesques, marquent la limite du débat. Eric Drexler n'est pas un auteur de science fiction, c'est un scientifique renommé, un expert des nanotechnologies, c'est lui qui a lancé l'assembleur de molécules ; en tout cas ce sont des choses qui sont perceptibles pour l'avenir, qui sont à envisager. Monsieur l'immunologue nous disait que peut-être dans 20, 30 ou 40 ans des puces permettront de donner des informations sur les gens, mais pas maintenant. Eric Drexler, qui est un scientifique et non pas un auteur de science fiction comme vous essayez de le dire, (ce n'est pas moi qui le compare à Jules Verne), parle d'un futur assez éloigné. Les craintes que nous avons sur le nanomonde portent aussi sur ce futur éloigné. Si vous n'êtes pas capables de répondre à cette question, il y a une faillite du débat.

J'aimerais aussi qu'on arrête d'attaquer la science fiction constamment, avec la position scientifique face à la position artistique qui ne serait qu'ubuesque et crétine. Je connais les auteurs de science fiction, ce sont des gens qui travaillent avec des scientifiques pour pouvoir tenir des propos cohérents. Il ne faut pas dire tout et n'importe quoi sur la science fiction. Eric Drexler n'est pas un auteur de science fiction, c'est un scientifique. Ce n'est pas moi qui le compare à Jules Verne, ce sont des polémistes. Je pense que ses remarques sont tout à fait pertinentes et vous n'y avez pas répondu parce que vous ne pouvez pas y répondre et que vous ne voulez pas y répondre.

36

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Il y a une réaction immédiate dans la salle.

Intervenant.- Pour répondre à la dernière intervention, Monsieur a raison, Eric Drexler est un scientifique, c'est un peu aussi un prospectiviste. Les scientifiques sont dans différentes disciplines. Eric Drexler est d'abord un ingénieur. Je le suis moi-même, je ne fais donc pas du tout d'ostracisme à l'égard de la profession. Cela dit, c'est un ingénieur plutôt formé sur les techniques de mécanique et robotique. Il y a des scientifiques très honorables aussi, Monsieur, notamment M. Richard Smalley qui est un chimiste. Il y a un autre scientifique anglais, que j'ai eu le plaisir de rencontrer, Richard Jones, qui a fait un livre que je vous recommande, "Soft machines", malheureusement écrit en anglais. Ces personnes expliquent de manière scientifique pourquoi beaucoup des hypothèses d'Eric Drexler sont fausses : en particulier parce que, au niveau nano, il y a au niveau des molécules des phénomènes d'adhésion, de collage, qui font que les robots qu'il imaginait n'auraient aucune possibilité de se comporter comme il l'imagine. De même que dans l'eau qui constitue 80 % de notre



corps et dans laquelle se déplacent toutes les protéines, il y a, parce que c'est la nature même, un mouvement brownien permanent qui fait qu'à nouveau ces petits objets miniaturisés imaginés par Drexler n'auraient aucune chance de survie dans cet environnement. Eric Drexler manque, de ce point de vue, de la modestie du scientifique, d'observation de ce que fait la nature, de ce qu'a fait l'évolution au cours du temps, de ce qui se fait au niveau biologique, qui ne répond pas du tout au modèle qu'il avait imaginé. C'est tellement vrai qu'il a reconnu récemment lui-même un certain nombre d'erreurs qu'il avait faites au départ.

Par ailleurs, j'aime bien la science fiction, c'est un terrain dans lequel j'ai beaucoup de plaisirs, mais il ne faut pas confondre ce que la science fiction projette avec ce que la science ou la technologie peuvent faire dans un avenir proche. Je pense que notre responsabilité de réflexion, notre responsabilité éthique, c'est de se concentrer sur les questions d'un avenir proche ou à moyen terme, parce que c'est là que se posent les enjeux. En fonction du développement, on aura d'autres éclairages dans le futur pour éclairer le lointain que vous appelez de vos vœux.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Merci. Y a-t-il encore des interventions sur le même thème du côté de la salle ?

Intervenant.- Ce n'est pas sur le même thème, et j'ai plusieurs questions.

D'abord, une remarque : j'ai été un peu surpris et en même temps j'ai trouvé que c'était assez habile de mêler les deux thèmes, les applications médicales des nanotechnologies et la toxicologie des nanoparticules, car comme le soulignait Claire BILLOTEY, ce ne sont pas du tout les mêmes questions. Personne, je pense, ne conteste les applications médicales, tout le monde trouve cela formidable, alors que la toxicologie est un autre problème.

J'ai aussi été surpris de voir la difficulté qu'il y a pour répondre à la question de l'aspect cancérigène des nanoparticules. La première fois, il n'y a pas eu de réponse, et quand on est revenu sur le thème j'ai constaté à nouveau que la réponse était très évasive, Eric QUEMENEUR répondant par des généralités alors qu'il y a quand même, que je sache, beaucoup d'études très sérieuses sur les risques d'ingestion des nanoparticules, faites sur les rats notamment. Les références sont faciles à trouver, même les sites du ministère de l'écologie en font état.

Première question précise : que pensez-vous de ces multitudes d'études ? Comme vous le disiez, 1 % des recherches sont faites sur la toxicité, mais dans ce 1 %, la grosse



majorité montre que l'on retrouve par exemple des nanoparticules dans le cerveau des rats, etc. Pensez-vous que ces études sont sérieuses, ou pas ?

Si elles sont sérieuses, deuxième question : j'ai l'impression que l'on va se retrouver dans le même cas que pour l'amiante, où il a fallu 80 ans entre les premières recherches qui ont montré que c'était dangereux et les prises de position politiques qui interdisaient l'utilisation de ces produits. Que fait-on de toutes ces études ?

J'ai d'autres questions, mais je voudrais d'abord que l'on réponde à celles-ci.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Oui. Eric QUEMENEUR ?

M. Eric QUEMENEUR.- Merci de relancer le débat sur ce terrain, qui a en effet été peu traité pour l'instant. Je n'ai évidemment pas cherché à éviter la question.

Les études scientifiques disponibles sont passées par le processus classique d'évaluation par les pairs, de publications dans les revues internationales. On doit les considérer et les prendre en compte. La seule réserve est liée à l'extrême disparité de ces résultats, avec des modèles cellulaires, des modèles animaux, des particules plus ou moins bien caractérisées et plus ou moins reproductibles entre elles. On a un problème méthodologique pour mettre tout cela bout à bout et en faire une analyse cohérente. Un des enjeux de la recherche en toxicologie est précisément de reprendre tout cela avec des protocoles standardisés qui peuvent faire l'objet d'approches parallèles par plusieurs groupes dans le monde, qui vont devoir faire converger leurs conclusions.

38

Je partage votre analyse effectivement sur les besoins de recherche. Les tumeurs observées, pour nuancer les conclusions, sont obtenues dans des modèles animaux où l'on a forcé le trait, il faudrait vérifier que ces conclusions restent vraies dans des doses plus proches de doses réalistes, dans des scénarios d'exposition de travailleurs ou de public. Il y a quand même cette réserve sur les résultats : je ne les conteste pas à fortes doses et dans les modèles d'études qui sont destinés à exacerber les mécanismes, mais je conteste aujourd'hui leur portée et leur capacité à instruire une politique de santé publique.

Nous sommes tous désireux qu'il y ait plus de travaux, mais ils doivent être mieux coordonnés. Un des enjeux est de fournir des référentiels d'étude beaucoup plus robustes et des outils de recherche. Par exemple, le CEA, conscient de ce qu'il peut apporter à cette thématique, développe des outils de métrologie pour mieux



caractériser les doses reçues dans les modèles expérimentaux et développe de nouveaux procédés pour mieux tracer les nanotubes de carbone. On vient de sortir des papiers sur le marquage au carbone 14 des nanotubes de carbone pour vérifier certaines hypothèses sur la bio-accumulation et la bio-cinétique de ces particules.

Il y a donc aussi des progrès et une coordination de la recherche à faire. Je vous rejoins, la seule réserve étant sur la valeur prédictive des données obtenues à forte dose d'exposition.

Pour la partie réglementaire, je passe la parole à Dominique GOMBERT.

M. Dominique GOMBERT.- Pour compléter la réponse sur les aspects toxicologie, effectivement on n'a pas apporté de réponse globale sur la toxicologie des nanoparticules. Il y a une palette extrêmement large et il faut les regarder de manière individuelle. Il y a un certain nombre de publications qui ont marqué les esprits : sur les nanotubes il y a les fameuses études de Poland et Nelson, il y a d'autres études sur les oxydes de titane avec le passage cutané, il y a aussi eu récemment une publication dans *Nature Nanotechnology* avec les fameux chrome-cobalt et les "transferts d'information".

Il y a donc un certain nombre de publications qui posent question, avec des signaux forts sur les nanotubes, j'en ai parlé, et je citerai aussi l'avis qui a été rendu par le Conseil de Santé Publique sur les nanotubes de carbone.

Encore une fois, on a une palette d'effets, une palette de publications. Finalement, l'incertitude sur les publications se retrouve dans d'autres domaines : je ne citerai pas des enjeux de santé et d'environnement qui défraient la chronique et sur lesquels il y a de grosses interrogations sur les publications telles qu'elles sont conduites et leur caractère reproductible ou pas. Sur les nanomatériaux, l'autre enjeu qui fait que les questions sont très difficiles, c'est la caractérisation des nanomatériaux sur lesquels on a conduit les études de toxicité. On sait que, pour caractériser les nanomatériaux, il y a un grand nombre de paramètres ; couramment, on en définit huit qui sont complètement maîtrisés pour savoir de quel nanotube il s'agit.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Quand je vous entends, je n'ai pas envie de respirer des nanotubes de carbone.

M. Dominique GOMBERT.- Nous sommes tous d'accord sur le fait qu'il vaut mieux s'en abstenir.



M. Jean BERGOUGNOUX.- Il est vrai que les risques sont sans doute mal évalués, mais question : la prévention est-elle efficace ? Il ne faut pas en respirer, il faut porter des masques, faire ce qu'il faut... J'espère que les scientifiques sont capables de bien faire ce qu'il faut pour ne pas courir ce risque.

M. Dominique GOMBERT.- Vous parlez de l'utilisation, du potentiel d'exposition et donc des risques. On en revient à la question de tout à l'heure et de ce qui a été débattu sur la palette des utilisations. Il y a loin du médicament à la chaussette ; il faut se poser la question de la façon dont on utilise les matériaux, pour quel type d'usage. Il y a une réflexion à mener, des outils à développer, car les rapports coûts/bénéfices ne sont pas aussi faciles à mettre en œuvre que pour les substances chimiques. C'est d'ailleurs pourquoi toutes les questions ne sont pas résolues. Les véritables enjeux méthodologiques sont là.

Aujourd'hui, on sait cependant qu'on peut dire des choses assez précises sur un certain nombre de nanomatériaux, quant à la palette des effets et aux dangers qui sont déjà sous-tendus.

M. Abdelkader SOUFI.- Pour revenir sur la discussion science / science fiction, puisqu'on dit que M. Drexler est un scientifique, évidemment on ne va pas dire le contraire, mais je parle en tant que citoyen. Car je suis citoyen avant d'être scientifique, et je m'interroge comme tout un chacun. Je n'ai pas dit qu'il y avait d'un côté la science et de l'autre côté la science fiction. Il y a une échelle de temps entre les deux, parfois les deux ne se rejoignent pas, parfois elles se rejoignent. Il y a des échelles de temps que nous ne pouvons absolument pas prévoir. Modestement, quand on est dans la culture du doute, ce qui est la place de tout scientifique, où l'on remet en cause systématiquement ce que l'on observe, il y a des débats et, pour qu'une théorie soit solide, il faut qu'elle ait passé le cap d'un certain nombre de contradictions.

Je vais revenir sur une hypothèse, en prenant toutes mes précautions, concernant la problématique spécifique que peuvent avoir les nanotechnologies. Dans l'exemple que j'ai cité sur l'amélioration de l'humain, on parlait de choses qui pourraient être implantées sur le vivant. On dit que l'on a besoin là de mécanique, d'électronique, de biologie, etc. Une des problématiques et des caractéristiques des nanotechnologies, c'est qu'il faut les prendre pour ce qu'elles sont, des outils. Moi, je ne les considère que comme des outils. Ensuite, les usages, c'est ce que nous, humains, citoyens, décidons collectivement d'en faire.



Là où il y a peut-être une problématique, c'est qu'aujourd'hui dans le fonctionnement même de la recherche et du développement des technologies, on n'est plus du tout dans ce que l'on avait il y a seulement 200 ou même 100 ans. Un scientifique comme Pascal était considéré comme mathématicien parmi les mathématiciens et philosophe parmi les philosophes. Un scientifique de l'époque avait effectivement un champ de vision beaucoup plus large. Aujourd'hui, la problématique des nanotechnologies est peut-être l'interdisciplinarité, la nécessité d'avoir plusieurs points de vue. Pour ma part, bien que travaillant sur les nanos, je n'ai aucune idée de la toxicité des nanos parce que je suis électronicien. L'enfermement dans des disciplines fait que l'on n'a pas des experts de tout et que l'on a des spécialistes. Le spécialiste des nanotechnologies n'existe pas. Même M. Drexler n'est pas un expert des nanos. Drexler connaît les nanos comme je les connais, mais moi je suis électronicien spécialiste d'une discipline, et c'est le système qui nous a enfermés dans des disciplines.

M. Jean BERGOUGNOUX.- J'ai l'impression que vous êtes déjà parti sur le thème de notre discussion ultérieure !

Monsieur CHABROLLE, j'espère qu'il va sortir de ce débat un besoin de régulation éthique. Le Conseil National d'Ethique ne marche pas ?

41

M. Alain CHABROLLE.- Je voudrais bien savoir si l'aspect collégial, qui inclut vraiment les citoyens, les associations, si l'aspect citoyen et éthique est assuré.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Il n'est pas tout à fait ce que vous pensez qu'il devrait être.

M. Alain CHABROLLE.- On voit toutes les interpellations que l'on a en Rhône-Alpes au cœur de nos associations. Il ne s'agit pas forcément de problèmes de doutes ou de craintes, c'est une vraie demande, une exigence de nouvelle gouvernance, tout simplement, c'est-à-dire de choix collectifs, citoyens, partagés. C'est cela, le véritable enjeu.

Il faut dans cette perspective penser de nouveaux dispositifs, qui ne sont pas des dispositifs dédiés à de l'acceptabilité sociale, ou de l'adhésion pure et simple, ou de la conviction, mais qui sont de nouvelles instances dédiées à faire des choix, qui, dans le cadre des crises sociales, économiques, financières, environnementales, d'aujourd'hui, correspondent aux véritables besoins humains. Les nanotechnologies ne peuvent se concevoir que dans cet esprit. Les interrogations qui se manifestent,



parfois de manière exacerbée, sont bien portées par cette réflexion.

Une petite remarque à part concernant la recherche : en France, et cela concerne particulièrement la région Rhône-Alpes, et j'ai en tête l'exemple des PCB, nous pensons que la toxicologie et l'éco-toxicologie sont des sciences sinistrées. Nous avons pris un retard considérable par rapport à l'Allemagne et aux pays anglo-saxons. J'interpelle donc l'État ; c'est aussi du domaine des Régions à travers leur volet formation. On est déjà en peine de surveiller l'état de l'environnement ou des problématiques santé et environnement, on est quasi-incapable de répondre aux demandes de REACH ; mais si on ajoute en plus les nanotechnologies, avec quels moyens en France va-t-on faire face aux enjeux que l'on s'est posés ce soir ?

M. Jean BERGOUGNOUX.-Je crois que c'est un sujet sur lequel François GUILLEMIN souhaitait intervenir.

M. François GUILLEMIN.- Je vais intervenir à double titre, en tant que représentant du Conseil Économique et Social, pour vous dire que l'on travaille pour produire un cahier d'acteurs que l'on espère pouvoir vous donner la semaine prochaine, avec un représentant de France Nature Environnement, un représentant du CCSTI de Grenoble et un représentant du CEA pour essayer d'éclairer la société civile que nous représentons sur les nanotechnologies.

42

En tant que citoyen, on a parlé de gouvernance, on m'a demandé d'intervenir, j'avais posé un message sur le site Internet. Je vais vous le relire en le commentant.

"La mise en place d'une instance nationale des nanotechnologies", c'est une instance indépendante, comme les agences que l'on peut avoir, "instance partagée et fédératrice des différents ministères".

À ma connaissance, chaque ministère revendique un bout de nanotechnologies. Je pense qu'il serait important d'avoir une agence globale, qui serait multidisciplinaire, car c'est une problématique globale.

"Cette agence pourrait être membre de l'Agence européenne lorsque celle-ci sera créée, et elle serait composée de citoyens éclairés, pas forcément des spécialistes, non partisans, ayant le sens de l'intérêt général et représentant la société civile dans sa diversité, comme les CES, avec toutes les composantes représentant des employeurs, des salariés, d'autres représentants de la société civile, pour construire ensemble ce qui semble le mieux pour notre nation".



Son rôle serait de réfléchir sur les potentiels, les applications. On a beaucoup parlé des applications : ce n'est pas tout noir ou tout blanc, c'est en fonction des applications qu'il y aura des recommandations qui doivent être différentes.

On a beaucoup parlé aussi de l'évaluation du risque, c'est quelque chose d'essentiel. Cette agence pourrait s'appuyer sur une communauté de moyens techniques avec des experts qui seraient alertés, mobilisés, pour répondre à des problématiques particulières.

Il y a enfin tout ce qui concerne l'information du citoyen. On a parlé du couteau, qui est visible, alors que la nanoparticule ne l'est pas. Il est important de bien informer nos citoyens des risques éventuels, en tout cas qu'ils soient conscients dans leurs choix entre des produits qui en ont et des produits qui n'en ont pas.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Y a-t-il d'autres questions dans la salle ?

Intervenant.- Par rapport aux échelles de tout ce qui est nano-objets ou nanoparticules, la plupart du temps je pense que c'est au minimum plusieurs atomes, voire un conglomerat. Or quand on parle de cryptographie quantique, on interfère sur les photons, et les photons sont beaucoup plus petits. En plus, avec la cryptographie quantique on passe de la physique dite relativiste à la mécanique quantique. Et la mécanique quantique, je crois, est probabiliste.

43

C'est pourquoi je voudrais savoir de quelle physique la brique nano, au départ, est tributaire.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Qui se lance ? Monsieur SOUIFI ?

M. Abdelkader SOUIFI.- Non. Je vais peut-être décevoir Monsieur, je suis vraiment désolé. On passe de la matière à ce qui n'est plus de la matière. Quand on parle de cryptographie quantique, où on parle de passer aux photons, les photons sont là autour de nous, ce sont eux qui nous éclairent, ils n'ont pas de masse. Parler de la taille d'un photon, parler de quelque chose qui n'est ni vraiment une particule ni véritablement une onde, c'est compliqué. Du coup ce n'est pas une question de taille et je ne peux pas répondre à la question de la taille du photon qui serait plus petite qu'autre chose.

Je vais juste dire une chose : quand les scientifiques ne savent pas, ils ne savent pas,



et ils disent "je ne sais pas". Je n'ai pas compris votre question, je n'en ai pas bien saisi le sens.

Intervenant.- C'est très simple, c'est par rapport à l'incertitude, justement : est-ce que les objets nanos, puisqu'on parle toujours de leur interaction avec le milieu où ils sont, est-ce que l'on est sur de savoir si leur nature elle-même est vraiment probabiliste ou non...

M. Abdelkader SOUFI.- Je vais essayer d'être le plus clair possible.

Lorsqu'on est à des échelles de dimensions très petites, c'est lié aussi aux propriétés de la particule ; ce n'est pas la même échelle pour le photon, l'électron, le proton ou le neutron. En dessous d'une certaine échelle, votre particule va passer d'un comportement dit particulaire à un comportement dit ondulatoire. Il existe en effet une dimension en dessous de laquelle on ne peut pas prédire précisément et la vitesse et la position de la particule. C'est ce que l'on appelle le principe d'incertitude d'Heisenberg, une publication de 1925 très connue. Ce sont vraiment les prémisses de la mécanique quantique, qui est déjà utilisée dans pas mal d'applications depuis longtemps, essentiellement dans les systèmes de communication, l'électronique, la photonique. Le principe même d'incertitude de la position d'une particule, c'est une incertitude qui se trouve bien en dessous de l'échelle du nanomètre et qui, de mon point de vue, n'a donc pas vraiment d'impact en termes d'incertitude si l'on parle du sujet qui nous préoccupe aujourd'hui, par exemple du risque en général des nanos. C'est une question décalée par rapport au risque. C'est de l'incertitude, mais il est important de parler de l'incertitude, parce que, quand on a commencé à en parler au début des sciences que l'on a faussement appelées "exactes" - puisque cette notion d'incertitude et de doute est au cœur de la préoccupation des scientifiques - je pense qu'il a été symboliquement important d'accepter cette idée, comme il a été important aussi de parler à un moment donné des statistiques, ce qui a été très long.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Il faut être clair, nous sommes victimes d'un monde flou. Le monde nano n'a pas été défini, et l'ordinateur quantique fait partie du monde nano dans les publications de vulgarisation.

M. Abdelkader SOUFI.- Je voulais justement faire le lien entre l'incertitude, au sens posé par Monsieur, où l'on revient sur le principe d'incertitude sur la position d'une particule, à l'incertitude en général, en arrivant aux statistiques. Quand on fait des études de toxicologie par exemple, on fait des essais, des mesures et des statistiques,



et on dit quel est le pourcentage de chances pour qu'il se passe ceci ou cela. Il y a toujours des prévisions, avec des marges d'incertitude. C'est très compliqué, dans notre société, d'accepter cette idée d'incertitude, de risque et de doute ; mais le risque et l'incertitude ne sont pas la même chose. L'incertitude, il faut l'accepter comme une démarche scientifique, mais notre société d'aujourd'hui veut que l'on soit exact et précis.

Un exemple pour détendre l'ambiance, les prévisions météo : il y a quelques années on prévoyait à un ou deux jours et on était content, aujourd'hui on a des prévisions à 10 ou 15 jours, et les gens sont hyper exigeants sur ce qu'ils veulent. Au point que Météo France se retrouve parfois avec des recours juridiques, parce qu'il n'a pas fait beau, ou parce qu'il a plu, ou parce qu'il n'a pas neigé, ce qui a engendré des pertes financières.

On voit bien que la place de la marge d'erreur n'existe plus.

J'avais préparé une phrase sur cette question de météo, car cela m'avait amusé : quand on fait de la prévision météo à deux jours, on ne dit plus qu'il y a une "marge d'incertitude", on donne le résultat avec ce que l'on appelle un "indice de confiance". Il y a quand même là quelque chose qui se joue.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Je prends une question de Jean-Michel Fourniau, de Grenoble. Il dit clairement "*On a tourné autour de la question, le mot Climatec n'a pas été prononcé*". Le mot Climatec était à l'ordre du jour, et il l'est toujours, du débat public de Grenoble, qui sera poursuivi. On en parlera, et on évoquera notamment les questions d'éthique.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- En attendant, on peut vous transmettre d'autres questions de la salle ?

M. Jean BERGOUGNOUX.- Oui, mais laissons parler brièvement M. CHABROLLE.

M. Alain CHABROLLE.- Il y a une question qui est peu abordée, on n'a pas prononcé le mot ce soir, c'est le mot responsabilité. Quand on parle de risque, j'ai bien peur que l'on soit confronté à un monde de risque sans responsabilité, ou avec des risques tellement partagés qu'il n'y a plus de responsables. L'aspect juridique, mais aussi de la responsabilité à tout niveau, doit nous interpeller de manière très urgente. Si on a en mémoire le seul petit sujet des sites et sols pollués, vu les enjeux des nanotechnologies on est dans une autre dimension et je pense que cela pourrait faire l'objet d'un long



débat ; mais un monde sans responsable et sans responsabilité, c'est fort éloigné d'un monde démocratique.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Ce serait une discussion passionnante, mais qui nous amènerait un peu loin ce soir.

Nous prenons une question de la salle.

Intervenant.- C'était juste une remarque. Je suis professeur de physique. À l'échelle des nanomolécules, tout ce qui se passe est régi par de la physique quantique, tout ce qui est interaction est quantique, et il n'y a pas de problème d'incertitude, c'est un mode d'interaction particulier. C'est une autre physique, mais cela ne change rien au problème. Il ne faut pas se focaliser là-dessus.

Pour information, "principe d'incertitude" est une mauvaise traduction : en réalité, c'était à l'origine "principe d'indétermination".

M. Jean BERGOUGNOUX.- Nous n'allons pas engager la discussion sur ce point.

Nous allons à présent écouter Jean-Pierre CLOAREC.

46

M. Jean-Pierre CLOAREC.- Je reviens sur la discussion par rapport à Eric Drexler, car c'est une excellente occasion de montrer qu'il y a un lien très important, sur lequel des gens travaillent, entre science et science fiction. Un exemple historique : la conquête spatiale a été énormément influencée par les romans de science fiction. Cela ne veut pas dire que les personnes qui écrivaient des romans d'exploration spatiale étaient capables de dire comment cela allait se faire, c'est l'histoire de Jules Verne qui dit quels sont les types de grands objectifs ou les enjeux d'exploration. Pour les nanotechnologies et pour la science en général, on se pose le même genre de question. Quand vous discutez avec des gens comme Philippe Breton, le chercheur sur la théorie de la communication, auteur de *L'Utopie de la communication*, on se rend compte à quel point nous travaillons, nous, chercheurs, sur des mythes fondateurs qui sont des moteurs pour nous, mais on ne sait pas ce qui nous anime. Tous les gens qui travaillent sur la théorie de l'information, les outils Internet, l'électronique, l'informatique, ce sont des travaux qui sont dérivés de la cybernétique, et c'est lié notamment, selon Philippe Breton, à un besoin important de transparence notamment suite au traumatisme de la deuxième guerre mondiale et des camps de concentration.



Ce sont des choses sur lesquelles on n'a aucun recul et pourtant on s'aperçoit qu'on est déterminé sur le genre de domaine que l'on a envie d'explorer. Quand on prend un peu de recul, on se rend compte, en effet, qu'il y a une importance au moins à poser ces questions.

Ensuite, dire si oui ou non Drexler a raison, s'il est en train de faire de la prévision à laquelle on va aboutir, je pense en effet qu'il est impossible de répondre, mais cette question a au moins le mérite de montrer à quel point on peut être animé sans le savoir par des choses que l'on vit de manière implicite.

Quand on est un enseignant ou un enseignant-chercheur, cette vision du monde qu'on a, dont on n'est pas forcément conscient, parce que l'on aurait besoin de faire de la transdisciplinarité y compris avec des gens des sciences humaines (l'histoire des sciences est animée par ce type de rêve), ce recul est quelque chose qui sera extrêmement important. Cela rejoint les questions de gouvernance de M. CHABROLLE : si l'on veut pouvoir réfléchir en connaissance de cause et en associant tout le monde, il faut prendre en compte aussi ce type de question.

Or notre première responsabilité à nous, en tant que chercheurs, c'est de ne pas être des fantoches au service de grands rêves qui ne nous appartiennent pas, mais d'entrer dans une prise de recul pour comprendre pourquoi on fait de la science, ce qui nous anime et dans quel objectif on le fait. La plupart des chercheurs que je connais sont des gens particulièrement bien intentionnés : on veut soigner des gens, guérir ceci, etc. C'est toujours un bénéfice que l'on aimerait directement au service de l'humanité, mais il faut reconnaître que l'enfer étant pavé de bonnes intentions, nous ne sommes pas des décideurs sur ces questions, il y a des questions économiques, des questions d'enjeux démocratiques, etc. Quand vous parlez de responsabilité pour les questions d'éco-toxicologie, on est en plein dedans.

Nous avons une réponse qui est malheureusement modeste : on ne peut que sonner l'alarme, en disant "je suis en train de vous faire un cours de chimie, mais je n'ai peut-être pas de recul et cela vaut la peine de comprendre comment cette question évolue".

Quand on enseigne cela à des élèves-ingénieurs, on a aussi cette responsabilité. C'est quelque chose que nous discutons de plus en plus au niveau des enseignants, on forme une communauté qui vit, dont l'imaginaire se modifie au fur et à mesure de notre pratique de la recherche.



Pour moi, les nanotechnologies ont au moins le mérite de faire valoir ce type de questions. Il y a un danger imminent sur tous les problèmes de toxicologie et, à mon avis, ce n'est malheureusement pas le plus important. Toutes les questions de représentation, de ce que c'est qu'un homme, de ce que c'est que la nature, ce sont de vrais enjeux, mais c'est en élaborant ces questions ensemble, en faisant de la co-construction de tous ces enjeux, que l'on va réussir à s'approprier ce genre de domaine. Je crois que cela dépasse largement le problème des nanotechnologies, c'est la science et sa place dans la société que nous interrogeons. Le lien entre les chercheurs et n'importe quel citoyen s'est tellement distendu, depuis si longtemps, nous sommes devenus des gens tellement spécialisés, qu'il est même difficile de discuter avec le gars de la spécialité d'à côté. Vous entendrez les gens des sciences de la nature, des sciences dures (terme que je n'aime pas), les chimistes taclent les physiciens, qui taclent les biologistes, etc. C'est la même chose en sciences humaines.

Nous, nous avons pour ambition de devenir non pas des multi-spécialistes, mais au moins d'essayer d'abord de se mettre à la portée des autres chercheurs et des enseignants, d'élaborer avec eux, et ensuite de se mettre à la portée des gens.

M. Abdelkader SOUFI.- Ce sont des questions que l'on s'est posées avec Jean-Pierre et d'autres collègues au laboratoire depuis des années. J'ai tenté d'aborder la question de l'interdisciplinarité tout à l'heure en essayant de repartir sur les bases des scientifiques d'il y a plusieurs siècles, où le scientifique avait une démarche globale, c'est-à-dire qu'il était à la fois philosophe, médecin, chimiste, etc.

48

L'enfermement dans des disciplines aujourd'hui rend la tâche compliquée, notamment dans le domaine des nanos, qui n'est pas le domaine d'une discipline technologique, mais au contraire un domaine dans lequel toutes les disciplines se rencontrent, avec, tout d'un coup, beaucoup de difficultés pour les membres de la communauté scientifique à communiquer entre eux.

L'expérience que nous avons tenté de mettre en place il y a déjà deux ans, c'est un laboratoire international franco-québécois dont je suis co-directeur. Avec l'université de Sherbrooke on arrive à travailler progressivement avec une équipe qui comprend un philosophe, un juriste, un toxicologue. Les rencontres que l'on a régulièrement, avec des chimistes, des biologistes, des physiciens, c'est compliqué. On se rend compte que ces rencontres entre les SHS et les sciences de la nature ne sont déjà pas faciles entre nous ; mais quand on fait se rencontrer des philosophes canadiens et des philosophes français, on voit même que les écoles de philosophie ne sont pas



les mêmes. Au Canada, il y a des philosophes qui vont avoir tendance à travailler avec des chercheurs des sciences de la nature, pour voir avec eux comment, à un moment donné, avoir une démarche commune ; en France on va plutôt positionner la philosophie au-dessus de toutes les autres sciences, ce sont les philosophes qui vont analyser, dire ce qu'il faut, ce qu'il ne faut pas, énoncer des principes.

Ces écoles de philosophie nord-américaines et européennes n'arrivent déjà pas bien à communiquer entre elles. Vous voyez la distance que l'on a encore à parcourir. Par rapport à cela, on s'interroge sur cette question de disciplinarité.

Ce que l'on remarque, c'est que depuis plusieurs années il y a eu beaucoup d'expériences en France qui ont montré que les scientifiques qui sont présentés comme des experts pouvaient se tromper en sous-évaluant des risques. Nous en sommes conscients, nous le reconnaissons, et il faut essayer de voir comment on pourra fonctionner mieux dans le futur. C'est la question de la gouvernance.

Deuxième question : les responsables politiques en général, quand il y a des problèmes, sont responsables mais pas coupables. Du coup, les scientifiques qui sont experts ont rendu à un moment donné une expertise, mais en l'état de la connaissance du moment de l'expertise, ils ne pouvaient pas donner d'autre résultat que celui-là et, 15 ou 20 ans après, d'autres scientifiques vont les dédouaner en disant "à l'époque on ne connaissait pas, mais aujourd'hui on sait que c'était risqué". Du coup, pas de responsable, pas de coupable, et chaque citoyen se retrouve démuné face à ce problème. Nous sommes conscients de ce problème et de cette difficulté.

On est dans un système complexe d'organisation de la recherche en amont du développement économique et chaque organisation dans chaque discipline aura ses propres règles et son propre fonctionnement. Pourtant tout cela doit marcher ensemble. Il y a un réseau global avec des interconnexions académiques, économiques, politiques. Dans ce contexte, il devient très difficile, même pour les chercheurs, de répondre avec précision aux questions de pourquoi et comment on fait cela. Nous-mêmes, nous sommes démunis. Le plus simple serait peut-être de dire qu'il faudrait une gouvernance où il y aurait plus de points de vue, avec différentes composantes de la société, et surtout plus d'analyse des impacts sociétaux en amont, pour que l'on soit capables d'analyser collectivement pourquoi on fait cela, et à quelle échelle.

C'est pourquoi je rejoins complètement les propos du CESR qui était là tout à l'heure.



Dans ces circuits de décision, les scientifiques doivent avoir leur rôle à jouer en tant que citoyens éclairés dans leur champ de compétence, et par plus. On leur rendrait service en les laissant à la place qu'ils ont choisie, en général celle d'explorateurs curieux, mais aussi conscients et responsables de ce qu'ils font.

En conclusion, je pense que le chercheur est un citoyen comme les autres devant des choix pour la société. On est peut-être spécialiste, mais on n'est certainement pas expert. Pour être expert, il faut une vision générale. L'expertise est une évaluation collective. Cela ne peut pas être l'expertise de quelques individus qui savent.

Quand on ne sait pas, on ne sait pas. Et je ne sais pas.

M. Jean BERGOUX.- Merci. Madame BILLOTEY, puis je redonnerai la parole à la salle.

Mme Claire BILLOTEY.- Je vais rejoindre l'interlocuteur précédent. Je voulais dire à M. CHABROLLE que notre défaut est peut-être de ne pas assez communiquer, mais nous sommes tout à fait conscients à la fois du côté éthique et du côté toxique possible.

50

Pour passer d'une recherche vraiment préliminaire à l'utilisation chez l'homme, quand on a une idée sur le potentiel thérapeutique d'un nano-objet, avant même de faire des tests thérapeutiques sur l'animal, on va déjà regarder sur des cellules si elles sont toxiques ou pas. C'est vraiment une préoccupation depuis le stade le plus initial possible. À chaque stade, c'est une préoccupation de voir si, en injection, on a une bonne élimination, etc.

Pour le passage chez l'homme, on va passer à des études sur un petit effectif très cadré avec des études toxicologiques très serrées.

Associé à cela, nous avons aussi des préoccupations éthiques. Pour donner un exemple, au sein du Cancéropôle Lyon Auvergne Rhône-Alpes, CLARA, il y a une structure qui s'est mise en place pour tous les aspects toxicologiques et réglementaires des nanotechnologies. Dans ce groupe de réflexion, il y a également des psychologues ou des psycho-oncologues qui s'intéressent au fait que, grâce aux nanotechnologies, avec par exemple le développement de bio-marqueurs, on va arriver à faire des diagnostics chez des patients qui n'ont pas de symptômes et repérer déjà des signes de développement de cancer. On a mis en place une réflexion pour voir l'impact psychologique sur quelqu'un à qui on dit "vous avez un



cancer", alors qu'il n'a encore aucun symptôme.

C'est donc une préoccupation que nous avons constamment. En revanche, peut-être qu'effectivement on ne communique pas assez là-dessus et que le fait d'associer les citoyens à cette réflexion peut être important.

Intervenant.- J'ai trois questions relatives au rapport risques/bénéfices.

On est d'accord sur l'idée que tout se résume à ce rapport : on accepte de prendre le risque de s'écraser en avion, mais on a le bénéfice de gagner du temps ; pour les médicaments, on peut aussi accepter certains risques, parce qu'il y a d'énormes bénéfices.

En revanche, pour les nanoparticules dans les produits, on a entendu au début du débat qu'il y avait une centaine de produits sur le marché. Pensez-vous vraiment que tous ces produits sont utiles, au sens justement de quels sont les bénéfices qu'ils apportent ? On a évoqué les chaussettes en nano-fibres : personnellement je ne sais pas à quoi servent ces chaussettes, j'aimerais que vous me l'expliquiez. Quel bénéfice apportent-elles ?

On sait aussi qu'il y a des produits cosmétiques. J'ai lu des publications qui font état de risques liés à des nanoparticules de dioxyde de titane, mais le bénéfice qu'elles apportent, je ne le connais pas. J'aimerais bien que vous m'expliquiez, en termes de risques/bénéfices, où penche la balance.

Quelles sont les garanties que l'on demande avant de mettre sur le marché ces produits ?

Pour les médicaments il y a une autorisation de mise sur le marché, on fait par exemple des études sur des rats ou d'autres animaux, mais pour les chaussettes ?

Dernière question : quels sont les liens que vous avez avec les politiques, qui pourraient intervenir par exemple pour déposer des lois demandant l'étiquetage des produits, etc. ? J'ai vraiment l'impression que les politiques sont complètement absents de ce débat. C'est quand même leur rôle, ils devraient s'impliquer là-dedans.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Nous avons en ligne Mme POCHET.

Mme POCHET.- Bonjour, je suis Arila POCHET, et je suis désolée de ne pas être parmi



vous aujourd'hui.

Plusieurs réflexions : la première est liée à la réglementation du médicament. Un médicament mis sur le marché, c'est effectivement comme on l'a dit un rapport bénéfices/risques. C'est un dossier d'A, qui comprend des études de toxicologie.

L'AFSSAPS (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé), qui donne des autorisations au vu de ce dossier, a émis des recommandations spécifiques sur les études à faire quand ce sont des médicaments avec des nanoparticules. Dans ses recommandations elle insiste sur des risques probables comme l'immuno-toxicité, la génotoxicité, et les effets pharmacologiques, la distribution dans l'organisme et les organes cibles. Elle insiste sur le fait que tout cela doit être mesuré avec des outils spécifiques, et c'est bien le problème de mesurer de la sorte quand on est dans l'état nanoparticulaire.

Cela nous amène aussi à dire que toutes les études qui sont publiées ne peuvent pas être rattachées clairement à des nanoparticules ou des nanomatériaux, car ils ne sont pas assez caractérisés.

Quant à la génotoxicité, c'est le seul test qui, quand on applique les lignes directrices classiques des substances chimiques, donne des résultats contradictoires pour les nanomatériaux. Pour le reste des tests de toxicologie qui sont contenus dans les lignes directrices de l'OCDE, globalement on peut les appliquer, le point faible étant la détection précise et spécifique, et aussi la dispersion dans les milieux.

52

Il y a des recherches à mener ; c'est ainsi que le gouvernement a mis de l'argent pour des programmes comme le programme européen Nanogenotox sur la génotoxicité et la caractérisation des nanoparticules. Cela va demander du temps pour que tout cela se fasse. La réflexion du développement nano-responsable est arrivée, cela rejoint la question de la dernière personne, car on se dit que, finalement, il faut absolument poser les bénéfices versus les risques et surtout les incertitudes. Il faut donner des outils à l'industriel pour qu'il puisse peser le pour et le contre, non seulement concernant les risques sanitaires, mais aussi les risques sociétaux, économiques, éthiques, et pour qu'il puisse décider de mettre ou pas sur le marché en fonction des réponses qu'il a. Ces réponses, il pourra aussi les mettre à la disposition du public et des consommateurs pour qu'ils aient le choix.

On est donc vraiment sur la nécessité ou pas de certaines applications au vu des risques éventuels ou - surtout - des incertitudes.



M. Jean BERGOUGNOUX.- Merci pour ces précisions. Vous décrivez peut-être un monde idéal.

M. Alain CHABROLLE.- Il y a un monde entre les médicaments et la qualité des études et moyens de mise sur le marché des nanoproduits manufacturés. Ce sont deux mondes totalement différents, ne serait-ce que par la réglementation, et qui produit les études et dans quelles conditions.

Par ailleurs, quand on parle des nanoproduits à tout faire, je pense que les acteurs, les institutions, les Conseils régionaux, l'Etat devraient s'appliquer le principe d'éco-conditionnalité dans la distribution des finances concernant justement le choix des produits aidés et, notamment, en fonction de "à quel besoin on répond". Le principe d'éco-conditionnalité devrait s'appliquer particulièrement à ce financement.

M. Jean BERGOUGNOUX.- D'accord, mais à ma connaissance les chaussettes à l'argent nanométrique ne sont pas subventionnées. Faut-il les interdire ?

M. Alain CHABROLLE.- J'admets que ce ne sont pas forcément des études fléchées, mais je pense que l'on doit au moins réfléchir sur ce principe et particulièrement sur les nanotechnologies.

53

M. Jean BERGOUGNOUX.- Merci. Je pense que nous allons arrêter là.

M. Jean-Pierre CHAUSSADE.- Il y a des réactions dans la salle. La personne qui avait posé des questions veut reprendre le micro.

Intervenant.- Oui, car je n'ai eu aucune réponse à aucune de ces trois questions. Je ne sais toujours pas à quoi servent les chaussettes en nanofibres d'argent. D'autre part, si en tant qu'industriel je décide de fabriquer des chaussettes, la personne qui a répondu par téléphone tout à l'heure m'a laissé comprendre que c'était à moi de peser le pour et le contre : mais qu'est-ce que cela veut dire ? Si je fabrique des produits, je vais dire que tout est parfait !

M. Patrice MARCHE.- L'argent sur vos chaussettes, cela évite qu'elles sentent mauvais. Il faut écouter les réponses.

(Interventions simultanées, inaudible)



Intervenant.- A quoi servent les chaussettes nanométriques ? Ici nous sommes dans le flou. Quels sont les avantages, qui apparemment sont plus forts que les risques ?

M. Patrice MARCHE.- On a répondu plusieurs fois. L'utilisation du sel d'argent dans les chaussettes évite les odeurs, car c'est un anti-bactérien. Le choix de les utiliser ou non vous appartient. Cela revient à ce que disait M. CHABROLLE : il y a aussi effectivement un choix citoyen de savoir ce que l'on veut comme technologie, comme avancée. Cela nécessite une information.

Par ailleurs, ce n'est pas l'industriel qui décide d'exploiter un médicament. Il propose la mise sur le marché, et c'est l'AMM qui, au vu des tests, donne l'autorisation.

Intervenant.- Je ne parle pas de médicaments, je parle de produits industriels. Ma question est très précise : quel que soit le produit que je fabrique, est-ce que j'ai besoin de démontrer ou pas la non-toxicité de ce produit ? Cela fait trois fois que vous ramenez le débat aux médicaments, ce n'est pas de cela que je parle.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Monsieur GOMBERT ? Il n'y a pas besoin d'autorisation pour mettre des chaussettes sur le marché, pour l'instant ?

M. Dominique GOMBERT.- On a parlé de pas mal de réglementations, on a évoqué rapidement REACH, le règlement qui doit changer la façon dont on travaille sur la question des substances chimiques en général. On dit souvent que c'est une façon de renverser la charge de la preuve, on entre dans une orbite où dorénavant les industriels qui mettront sur le marché des substances chimiques auront à démontrer auparavant comment ces substances pourront présenter un certain nombre de dangers, et la façon dont les risques seraient maîtrisés.

La question qui se pose sur les chaussettes est un peu compliquée, car cela relève de 2 types de réglementation : le sel d'argent est aussi un biocide et on entre donc dans le cadre de la directive Biocide. C'est un débat de spécialistes.

Dans tous les cas, on a affaire à des réglementations et aujourd'hui le filet de ces réglementations est encore un peu trop large pour cadrer l'ensemble des nanomatériaux ; ce qui est normal : pour les nanomatériaux, il faut un filet très resserré.

Dans tous les cas il y a des travaux en cours pour que le filet de REACH, qui est censé tout capter, soit vraiment plus efficace sur la capacité à traiter de la question des



nanomatériaux. Pourquoi ne pas envisager des processus d'autorisation ou de restriction d'usage, si l'on considère que les risques liés à un certain type d'usage sont particulièrement importants ?

Mme Bénédicte LEFRANC.- Je représente la DGCCRF.

Pour répondre à la question de cette personne, sur la surveillance du marché des produits industriels et de grande consommation, notamment sur les produits cosmétiques : en mars 2009 le Parlement européen a adopté un nouveau règlement qui va renforcer la sécurité des produits cosmétiques. Tout fabricant qui souhaite y incorporer des nanomatériaux devra le notifier à la commission européenne six mois avant leur mise sur le marché. Ce règlement entrera en application en juillet 2013. C'est une avancée.

Sur les autres produits de grande consommation, il n'y a pas de réglementation aussi stricte et pas d'identification particulière pour l'instant, mais une réflexion est engagée pour améliorer l'information du consommateur en matière d'étiquetage. Les pouvoirs publics y veillent. C'était simplement pour rassurer ce Monsieur.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Je ne sais pas si cela va le rassurer : votre intervention montre quand même qu'il y a beaucoup de chemin à faire. C'est peut-être un but rassurant et louable, mais on en est encore très loin.

55

Intervenant.- Je n'ai toujours pas de réponse : dans les produits cosmétiques, je ne sais toujours pas à quoi servent les nanoparticules. Est-ce que j'en ai besoin, ou pas ? Vous n'avez pas répondu à cette question, c'est pourquoi je la repose.

M. Jean BERGOUGNOUX.- Répondez : pourquoi a-t-on mis des nanoparticules de dioxyde de titane dans les crèmes solaires ?

M. Abdelkader SOUFI.- Je n'ai pas la totalité de la réponse, mais certaines nanoparticules sont utilisées pour leurs propriétés optiques dans la mesure où elles peuvent filtrer...

M. Jean BERGOUGNOUX.- Je vais me permettre de répondre à la question, puisqu'elle a été abondamment débattue à Orléans. Ce que disent les fabricants de cosmétiques, c'est que le dioxyde de titane filtre mieux les ultra violets que sous une forme plus macro, et que d'autre part il a l'avantage de ne pas laisser de trace blanche quand on le passe sur le corps. C'est leur argumentaire.



Quant aux risques, c'est effectivement le dioxyde de titane nanométrique sur la peau. Une internautes disait d'ailleurs : "Je trouve qu'ils y vont un peu fort en disant que le dioxyde de titane nanométrique ne traverse pas la peau, qu'elle soit saine ou altérée". Que veut dire "altérée"... La question est de savoir si les crèmes solaires au dioxyde de titane, comme les médicaments, n'ont pas aussi des contre-indications. Il faudrait que les fabricants éclaircissent cela.

Mme LEFRANC.- (*Intervention hors micro*) Sachant qu'il y aura une obligation d'étiquetage avec une mention "nano"...

M. Jean BERGOUX.- Cela ne suffira pas. Si on n'a pas éclairci la question... Vous avez dit que ce sera sur l'étiquette, mais si on n'a pas une indication très claire du fait soit que c'est totalement inoffensif, soit il y a des cas où il vaut mieux ne pas l'utiliser ; l'étiquette ne suffit pas. Il faut quand même aller plus loin dans le conseil au consommateur. C'est un vrai problème de gouvernance.

Nous allons devoir nous séparer.

Il me reste à remercier d'abord très chaleureusement tous ceux qui dans la salle ont accepté de rester, malgré les difficultés initiales, et à leur dire que ce débat n'aurait pas pu avoir lieu dans les mêmes conditions s'ils n'étaient pas restés. Je crois qu'ils ont permis que se crée une certaine dynamique.

Je veux remercier également tous nos intervenants, qui se sont efforcés d'expliquer de façon transparente ce qu'ils faisaient, les questions qu'ils se posaient. Cela m'amène à dire, lorsqu'on dit "posez vos questions", que les réponses peuvent être aussi : "Il y a des choses que l'on sait, on va vous les dire en toute transparence, mais il y a aussi des zones d'incertitude qu'il nous importera, collectivement, de réduire".

Merci à tous.

La séance se termine à 23 h 20.

