

Ecole Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole



MASTER 2

«Métiers de l'enseignement, de l'Education et de la Formation»
Mention Enseignant du second degré

Mémoire

La controverse sur les nanotechnologies
Définition d'un outil à destination des enseignants

GATEL-LABIE Jean-François

Jury :

Alfredo LESCANO (directeur), maître de conférences ENSFEA

Denis BARON (examineur), formateur ENSFEA

Lucas NEDELEC (examineur), ingénieur d'études ENSFEA



Sommaire

1. Introduction	Page 3
2. Cadre théorique - La controverse	Page 4
2.1. Définition historique	Page 4
2.2. Définition actualisée de la controverse	Page 4
2.3. Eléments de sémantique nécessaires pour l'analyse	Page 5
3. La controverse sur les nanotechnologies - Aperçu	Page 8
3.1. Précisions sémantiques	Page 8
3.2. Le récit des origines	Page 9
3.3. Des avancées techniques majeures	Page 10
3.4. Le développement mondial des nanosciences et de la nano-industrie	Page 11
3.5. Les nanotechnologies dans l'espace public	Page 12
4. Recueil des données - Méthodologie et corpus	Page 15
4.1. Cadre théorique	Page 15
4.2. Sélection des sources	Page 16
4.3. Sélection des échantillons	Page 16
5. Analyse de l'espace sémantique de la controverse sur les nanotechnologies	Page 18
5.1. Méthodologie d'analyse	Page 18
5.2. Les acteurs de la controverse	Page 19
5.3. Analyse sémantique de la controverse	Page 20
5.4. L'analyse cartographique de la controverse	Page 28
6. Discussion	Page 30
6.1. Une controverse naît d'un manque de dialogue	Page 30
6.2. La controverse sur les nanotechnologies ne s'éteindra pas	Page 33
6.3. Les nanoparticules interrogent les relations entre la société et la science	Page 36
6.4. Les limites de mon analyse	Page 39
7. Un outil d'analyse pour les enseignants	Page 40
7.1. Aspects théoriques	Page 40
7.2. Description de l'outil	Page 41
7.3. Pistes pour enrichir l'outil pédagogique	Page 42
7.4. Limites et avantages de cet outil	Page 44
7.5. Perspectives professionnelles	Page 45
8. Conclusion	Page 47
9. Liste des figures	Page 48
10. Signification des acronymes utilisés	Page 49
11. Bibliographie	Page 50
12. Annexes	Page 56

Remerciements

Ce mémoire a été pour moi l'occasion de découvrir le monde fascinant de l'analyse sémantique. C'est avec une grande joie que j'ai suivi tout au long de l'année les enseignements et les conseils avisés d'Alfredo Lescano. Je le remercie ici grandement d'avoir nourri mon appétit pour ces travaux et pour avoir dirigé de belle manière mon travail de rédaction.

Je remercie également les personnes m'ayant apporté un coup de main, de près ou de loin, dans cet exercice qui fut hélas trop souvent solitaire : Hélène et Pierre pour leur plus-value, beau-papa et belle-maman qui ont gardé Samuel et Camille, et Nathan qui était là, déjà, pour le premier mémoire. Merci aussi aux collègues du groupe controverses de l'ENSFEA pour leurs discussions enrichissantes.

Je dois un immense merci à ma tutrice Marie-Laure. D'abord pour ses relectures toujours utiles et ensuite pour ses encouragements lors des moments de fatigue tout au long de la rédaction. C'est elle finalement qui a encaissé cette année tous mes coups de mou. Elle a su utiliser les bons mots pour me permettre de continuer.

Enfin, merci à mes amours Camille et Samuel. Je regrette de n'avoir pu passer autant de temps avec eux, malgré tous mes efforts pour ne pas pénaliser notre vie de famille et les longues nuits passées devant l'ordinateur (merci f.lux). Et malgré cette « absence », Camille a su m'encourager à chaque instant, ne m'en a jamais tenu rigueur, et Samuel m'a toujours accueilli avec son immense et beau sourire. Merci à vous.

1. Introduction

Les nanosciences sont « un domaine de la science dont la vocation est l'étude et la fabrication de structures (appelées nano-objets ou nanoparticules) dont les dimensions sont comprises entre 1 et 1 000 nanomètres » (Nimmo 2017). Développées depuis les années 1970, on retrouve aujourd'hui de nombreux produits de consommation courante comprenant des nanoparticules, dans tous les secteurs économiques, ce qui a fait naître dans les années 2000 un questionnement social vif sur cette nouvelle industrie et les risques encourus. La controverse, définie par le grand public comme « une discussion argumentée, engendrée par l'expression d'une différence d'opinion ou d'une critique quant à un problème, un phénomène ou un état de choses » (Wikipédia), était née.

Mais si enseigner c'est « faire acquérir la connaissance ou la pratique de quelque chose » à un individu, à un groupe, le lui expliquer en lui montrant ou en lui inculquant des cours et des leçons (Encyclopedia universalis), alors parler à mes élèves de la controverse des nanoparticules ne fait pas partie de la mission d'enseignant. Si enseigner c'est amener les populations, et notamment les jeunes, à développer « un usage critique et raisonné de l'expertise et une participation démocratique aux débats publics » (Albe 2009a, p. 60), alors l'enseignement des sciences, et en particulier celui de la controverse sur les nanotechnologies, s'inscrit pleinement dans les missions de l'enseignant telles que décrites dans l'arrêté du 13 juillet 2016 (relatif au référentiel des compétences professionnelles des métiers du professorat et de l'éducation au sein de l'enseignement agricole).

En effet, de nombreux référentiels de l'enseignement agricole (Baccalauréat scientifique, Bac STAV, 2nde Générale et technologique...) sont articulés de façon à éduquer les apprenants face aux questionnements scientifiques et sociétaux. Il s'agit alors de développer un esprit critique, de travailler sur les positionnements face aux enjeux éthiques des biotechnologies. Les nanotechnologies, parce que ce sont des nouvelles technologies, parce qu'elles font appel à une dimension « invisible », suscitent des rêves, des visions transhumanistes, des discours prophétiques, mais aussi des craintes, ou des discours apocalyptiques. Parce qu'elles fascinent autant qu'elles font peur, les nanotechnologies sont d'excellents objets d'étude pour éduquer les élèves à la critique raisonnée de la science, à la prise de décision démocratique, aux enjeux éthiques des nouvelles techniques.

Comment, dès lors, aborder la controverse sur les nanotechnologies au lycée ? Quel outil puis-je utiliser, en tant qu'enseignant en biologie-écologie, pour éduquer les élèves sur cette thématique ?

L'objectif de ce travail a donc été d'inventer un outil qui puisse être utilisé par les enseignants en classe pour traiter cette controverse en particulier ou d'autres questions socialement vives, et amener ainsi les élèves à développer un usage critique et raisonné de l'expertise et une participation démocratique aux débats publics, conformément aux textes officiels. Cet outil, présenté dans la partie 7, prend la forme d'un petit guide technique. Il définit rapidement la thématique des nanotechnologies et propose une méthodologie pour explorer et visualiser la complexité de la controverse, mais aussi pour développer les capacités d'argumentation et d'écoute des élèves. Cela devrait me permettre, en tant qu'enseignant et grâce au partage de cet outil à tous mes collègues, de mieux aborder des notions essentielles à transmettre aux apprenants : développer un esprit critique, et travailler sur les positionnements face aux enjeux éthiques des biotechnologies.

2. Cadre théorique sur la controverse

2.1. Définition historique

La définition de la controverse et l'usage qui en est fait n'ont cessé d'évoluer au cours du temps. Au départ *controversie* (1236), puis *controverse* (1285), le mot est dérivé du latin *controversia* « discussion, débat » (Rey & al. 2012). Si la controverse est définie en 1985 avant tout comme « un débat, une contestation sur une question, une opinion » (Collectif 1985), il s'agissait au 19^{ème} et 20^{ème} siècle « d'un moment où un scientifique se voyait obligé de prouver que ses idées étaient justes et modernes » face à ses pairs (Bodenmann et Rey 2013, page 235).

2.2. Définition actualisée de la controverse

Il n'existe pas de consensus actuellement sur la définition même d'une controverse. Elle peut être définie comme une « discussion argumentée, engendrée par l'expression d'une différence d'opinion ou d'une critique quant à un problème, un phénomène ou un état de choses » (Wikipédia). Dascal (1998) défend, pour sa part, l'idée qu'une controverse « is a polemical exchange that occupies an intermediate position between discussion and dispute ». Pour Lescano (2015), il s'agit plutôt « d'une tension entre des points de vue ayant pris forme dans l'espace public et préfigurant des positions dichotomiques ». Si le terme peut donc avoir différents sens selon les auteurs, tous s'accordent sur l'aspect « vivant » et évolutif d'une controverse. L'analogie avec la notion d'histoire de vie en écologie peut alors se justifier dans le sens où, comme une espèce animale ou végétale, une controverse naît, croît, et meurt . Elle a une dynamique qui lui est propre : celle-ci peut changer d'objet, les acteurs eux-mêmes évoluent, réorganisent ou adaptent leur argumentation, d'où l'importance du changement des pratiques discursives, vues alors comme actions créatrices et non simplement justificatrices.

Mais une controverse « peut regrouper beaucoup de mots et de termes connexes (algarade, altercation, attaque, bagarre, bataille, combat, conflit, contestation, débat, démêlé, désaccord, dialogue, diatribe, discorde, dispute, dissension, différent, discussion, division, duel, guerre, logomachie, lutte, polémique, querelle...), autant de mots marquants la divergence qui peuvent occulter ce qu'une controverse peut avoir de fécond » (Bodenmann et Rey 2013, page 233). D'où l'utilisation d'un vocabulaire martial ou militaire pour décrire la controverse (guerre, duel, combat, bataille), vocabulaire qui va confirmer l'existence d'un espace public (on se dispute car les conditions du débat public sont réunies, la vivacité des échanges sont la preuve de la santé de cet espace). Le problème posé alors est celui de la résolution de la controverse. Badouard et Mabi (2015) estiment que « lorsque les positions sont figées, la controverse ne se résout pas mais se transforme en conflit, et plutôt qu'une discussion tournée vers la recherche d'une position partagée c'est une confrontation des valeurs qui s'exprime ». La résolution sera-t-elle liée à la victoire d'une partie comme l'explique Dascal (1998) ? Où s'agit-il d'un dialogue en renouvellement constant sans gagnant ? On peut alors faire le lien avec la phrase de Pascal « Rien ne nous plaît que le combat, mais non pas la victoire » (Pascal, B., Ferreyrolles, G., & Sellier, P., 2000).

Une controverse peut être vue comme un processus scientifique qui permet d'expliquer que l'on puisse se comprendre sans forcément être d'accord, que des visions du monde divergentes puissent coexister au

sein d'une même communauté sans pour autant qu'il s'ensuive obligatoirement l'abandon d'une théorie ou l'exclusion de ses partisans. « Dissensus et consensus forment ainsi les deux faces d'un dialogue savant en constante évolution » (Amossy 2011). Il est rare qu'une controverse oppose uniquement deux individus et deux positions théoriques, mais plutôt un ensemble de tiers, d'alliés, d'intermédiaires, de témoins, de défenseurs...

Une controverse illustre « une pratique de la science en train de se faire, qui accompagne la recherche continue d'un espace de dialogue et d'échange, la précision d'une pensée, l'évaluation d'hypothèses et de résultats expérimentaux, ou encore l'établissement de normes communes ». Il s'agit donc non pas d'une situation exceptionnelle mais « d'une pratique usuelle du dialogue savant » (Bodenmann et Rey 2013, page 241).

Comprendre une controverse c'est comprendre les enjeux, son fonctionnement, son influence sur la pensée des acteurs de la science, et le rôle que le conflit joue dans l'établissement de la science.

Il existe différents points de vue pour traiter une controverse :

- Sociologique, en se basant sur la théorie acteur/réseau (développée par exemple par Bruno Latour) ;
- Politique, en étudiant les enjeux, les stratégies, les lobbies, les idéologies sous-jacentes ;
- Didactique : la confrontation avec une Question Socialement Vive (QSV) permet de faire des élèves des citoyens critiques, à raisonnement complexe, avec prise de recul ;
- Discursif, avec une approche rhétorique (normative). On cherche dans ce cas les règles discursives qui permettent de résoudre le problème. Cette approche idéaliste est par exemple développée par Van Emereen à la suite d'Habermas. Elle cherche le moyen de parvenir à un consensus ;
- Historique, en analysant les aspects idéologiques d'une controverse à une période donnée. Approche développée par exemple par Marc Angenot ;
- Communicatif. Chauradeau, par exemple, essaie de réaliser une typologie des différents types d'échanges polémiques, d'après les propriétés communicatives de ces échanges ;
- Sémantique. Il s'agit alors de reconstruire la structure conceptuelle du conflit, les relations entre les différentes positions à l'intérieur d'un même espace de signification.

2.3. Éléments de sémantique nécessaires pour l'analyse

Un espace sémantique est un fait social, non réductible aux individus. Il n'existe que si les individus qui le composent sont en interaction. C'est le terrain où ont lieu des opérations discursives, un terrain d'opérations et de travaux discursifs conflictuels ou convergents. Ces derniers ont un impact direct sur l'espace sémantique en permettant son maintien ou sa transformation. Donc un espace sémantique naît, vit et meurt, et est immatériel (c'est une identité extra textuelle où sont installées des possibilités discursives). Il régule la production discursive autour d'un conflit, et hiérarchise les positions des acteurs (Lescano 2016).

Une formation discursive rassemble les concepts (rattachés à des idéologèmes) construits dans un espace donné, à un moment donné ou dans un contexte donné. Cela détermine une construction sémantique dans laquelle on peut, comme le suggère Foucault en 1969, définir une régularité entre les concepts, les types d'énonciation. Par exemple, le système scientifique se rattache à une formation discursive, en

rassemblant les positions subjectives : qui dit quoi, en tant que quoi, et à qui. Chaque formation discursive a sa propre position légitime, mais peut évoluer. On retrouve, à travers cette définition, celle de Maingueneau qui considère que la formation discursive est « l'espace d'inter-compréhension où sont en relation [...] deux positionnements » (2011). Il faut ici comprendre le positionnement comme un concept tel qu'il est défini plus loin.

Un évènement discursif est une irruption de matérialité signifiante. On peut considérer comme un seul évènement discursif l'apparition de plusieurs discours opérant sur le même espace sémantique. La parution d'un article peut être un exemple d'évènement discursif. On peut étudier, à la manière de Foucault en 1969, et d'Angenot en 1988, comment l'évènement discursif construit la position de celui qui parle. On peut étudier également, comme l'a fait Francis Chateauraynaud (2009), les résultats des opérations discursives.

Un acteur de la controverse est une entité sociologique au nom de laquelle on parle publiquement, ou comme le dit Lescano (2016) « une entité qui occupe la place du locuteur de textes publics opérant sur le conflit ». Cette précision est importante car elle montre que c'est le concept et non le locuteur qui agit sur l'espace public. C'est donc le discours qui fait le locuteur ou l'acteur, et non l'inverse (Angenot 1988). Un acteur peut être défini par son point de vue en tant qu'acteur (identification des points de blocage entre acteurs) ou par sa position (combattue ou investie). Des acteurs peuvent être regroupés s'ils réalisent la même opération dans l'espace sémantique. Mais un acteur est aussi une entité sémantique qui peut occuper un emplacement réservé au locuteur. Il s'agit alors de distinguer la façon dont on présente ce qui est dit, et ce qui est dit. Un acteur peut, selon Dascal (1998), employer trois stratégies différentes pour agir dans l'espace sémantique :

- la preuve (mouvement qui vise à établir la vérité d'une proposition hors de tout doute raisonnable. Le destinataire est contraint d'en accepter la conclusion) ;
- le stratagème (vise à amener le destinataire à agir d'une certaine manière, en l'incitant à croire qu'une proposition est vraie) ;
- l'argumentation (cherche à persuader le destinataire qu'une proposition est vraie).

Un concept est une chose qui peut être affirmée, énoncée (exemple : les nanotechnologies permettent de sauver des vies). Ce qui est dit dans un espace sémantique est donc là pour énoncer un concept ou pour transformer l'espace sémantique. Il s'agit donc d'une entité sémantique socialement construite, historiquement située, pour produire des discours. Un concept est donc quelque chose de construit car socialement construit. Un énoncé va donc transformer un concept en une position d'acteur (c'est l'assimilation).

« L'assimilation est une opération qui relie un concept à un acteur en tant que position de cet acteur » (Lescano 2016). Elle concerne celui qui prend la parole (locuteur ou énonciateur). Dans l'espace sémantique de la controverse, un concept donné est alors installé comme position de l'acteur. Une opération d'assimilation peut se décliner de trois façons:

- dans des opérations positives :
 - Opération d'investissement (présenter une position comme défendable et la montrer comme étant sujette à polémique, à débat). Le résultat est une position investie. Exemple : « nous sommes pour... », « nous exigeons... ».

- Opération de postulat ou de naturalisation (prendre une position et la présenter comme un fait, un postulat). Le résultat est une position de base. Exemple : «les nanos sont dangereuses pour la santé».
- dans des opérations négatives (opération de combat : attaquer une position, montrer qu'on rejette une position). Le résultat est une position combattue. Exemple : «nous sommes contre...», «nous refusons...».

On peut définir une position d'acteur en étudiant trois dimensions (Lescano 2016):

- La productivité de la position : tout discours opéré est mis en production par l'acteur qui va soit l'installer soit utiliser - exploiter un concept déjà en productivité ;
- La composante descriptive de l'auteur : une position est une description de l'acteur qui la porte. L'acteur est alors susceptible de produire de nouveaux discours qui vont dans le sens de cette position, de ce concept ;
- Le résultat des opérations effectuées par les textes dans l'espace sémantique. Par exemple, si les concepts sont investis, combattus ou naturalisés.

On peut également définir une position d'acteur par son intensité, en évaluant la légitimité de l'acteur et la solidité d'une relation entre deux acteurs.

Entre deux positions d'acteurs il existe des relations de solidarité ou des relations de tension. Dans une relation de solidarité, des liens sémantiques unissent deux positions. La mise en production de l'une va implicitement produire une description de l'acteur comme étant capable de produire l'autre position. Par exemple, la partie 5 de ce mémoire met en évidence un lien de solidarité entre les concepts [La présence de nanoparticules entraîne un risque] et [Les nanotechnologies doivent être réglementées]. A partir du moment où la solidarité est établie entre différentes positions, en combattre/défendre une revient à combattre/défendre celles qui lui sont solidaires. Mais toutes les positions solidaires n'ont pas le même statut, on peut les hiérarchiser afin de définir celles qui sont les plus importantes pour la structuration de l'espace sémantique. On parle alors de position pilote et de position périphérique¹. Dans une relation de tension, un acteur produit un texte qui investit une position et en même temps en combat une autre. Il crée donc une incompatibilité réciproque entre deux positions : une relation de tension. Combattre une position c'est donc combattre cette position mais aussi toutes celles qui lui sont solidaires. Là encore on va parler de position pilote et de position périphérique.

Conclusion

La définition de la controverse et l'usage qui en est fait n'ont cessé d'évoluer au cours du temps. Mais si aujourd'hui il n'existe pas de consensus sur la définition d'une controverse, on peut néanmoins retenir la proposition de Lescano (2015), qui montre qu'il s'agit plutôt d'une tension entre des points de vue ayant pris forme dans l'espace public et préfigurant des positions dichotomiques prises par les acteurs de la controverse. On peut alors s'intéresser à ces positions d'acteur qui vont d'une part agir sur l'acteur, d'autre part exercer des relations entre elles (solidarité, tension).

¹ Ces deux notions sont actuellement développées dans la thèse de doctorat de Zoé Camus, à l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS) de Paris.

3. La controverse sur les nanotechnologies

3.1. Précisions sémantiques

Le préfixe nano (nain en latin) a été choisi par la Commission internationale régissant les poids et les mesures, en 1958, pour désigner la milliardième partie d'une mesure. Un nanomètre (nm en abrégé) représente donc un milliardième de mètre (Carenco 2012). La figure n°1 ci-dessous permet de visualiser l'échelle concernée. Cela permet de constater qu'il y a la même différence d'échelle entre un objet mesurant un nanomètre et un Homme, qu'entre l'Homme et le soleil.

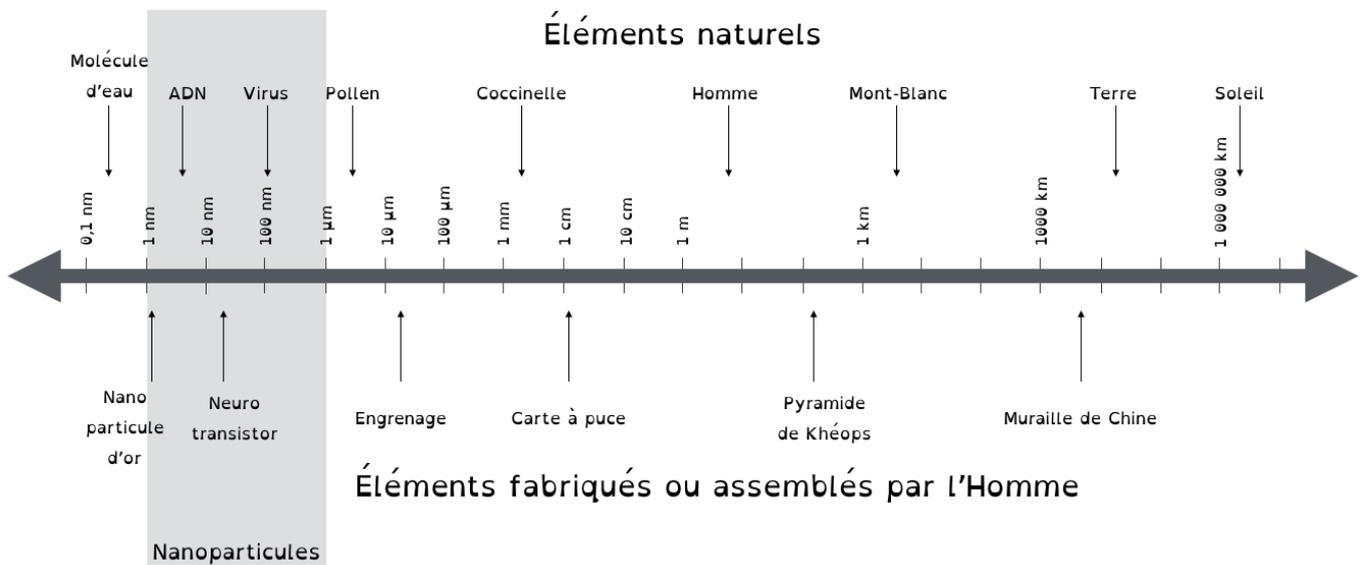


Figure n°1 - Comparaison des tailles d'objets, d'après CVC 2006.

Une nanoparticule ou un nano-objet est un objet fabriqué par l'Homme dont la taille peut aller du nanomètre à quelques centaines de nanomètres (Carenco 2012). Si l'on considère que toutes les dimensions de l'objet doivent être nanométriques, les nanoparticules devraient rester en dessous des 100 m. Mais on peut élargir cet éventail à d'autres catégories de particules comme les nanotubes, qui sont d'une largeur de quelques nanomètres mais peuvent avoir une longueur de plusieurs microns voire plus. L'industrie électronique utilise des objets d'une surface largement supérieure à 100 nanomètres mais qui peuvent être recouvertes de couches nanométriques. C'est « le besoin d'une précision de fabrication de l'ordre du nanomètre à une étape ou pour certains composants de la production » qui définit les nanoparticules (Maestrutti 2016, p. 26). Les nanoparticules peuvent avoir des formes très variées, comme le montre la figure n°2 ci-contre :

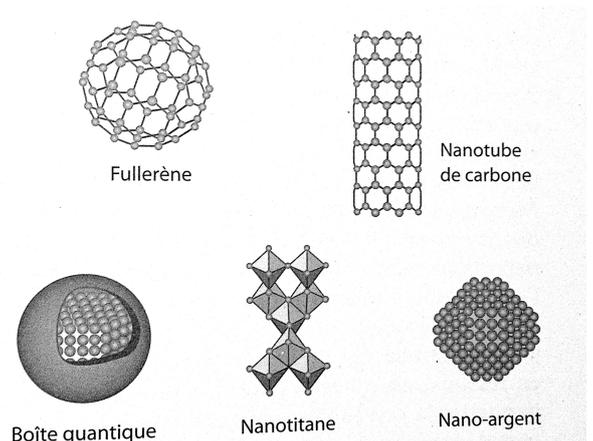


Figure n°2 - Différentes formes de nanoparticules, d'après Marano 2016.

Le nanomatériau est, d'après la définition de la Commission Européenne datant de 2011, « un matériau naturel, formé accidentellement ou manufacturé, contenant des particules libres, sous forme d'agrégats ou sous forme d'agglomérat, dont au moins 50% des particules, dans la répartition numérique par taille, présente une ou plusieurs dimensions externes se situant entre 1 nm et 100 nm » (Schulenburg, M. & al. 2004). Cette définition inclut donc les nanomatériaux naturels ou non-intentionnels. Cette définition sert de base à l'élaboration de la réglementation à l'échelle européenne et à l'échelle des Etats membre. Parmi les nanomatériaux on trouve des nano-objets (nanoparticules libres ou sous forme d'agrégats et d'agglomérats, des nanotubes, des nanofibres) et des matériaux dont la surface ou le coeur est nanostructuré (Marano 2016).

Cette définition ne distingue donc pas les nanoparticules des particules ultra fines (PUFS), produites de façon non intentionnelles, de diamètre inférieur à 100 nm. Elles sont issues soit de sources naturelles, soit de polluants (Lenglet 2014).

La nanostructuration est une organisation de la matière faisant apparaître des détails structuraux à l'échelle du nanomètre. Ce terme est employé en général pour désigner une nanostructuration élaborée artificiellement afin d'obtenir et d'exploiter un effet nouveau (CVC 2006).

« On parle de nanosciences à propos des études scientifiques des phénomènes et des objets à l'échelle nanométrique » (Maestrutti 2016, p. 24), et dont les propriétés découlent spécifiquement de cette taille nanométrique (Marano 2016).

Les nanotechnologies regroupent les connaissances et les techniques qui permettent de créer, de manipuler, de visualiser et d'utiliser les objets nanométriques. Le terme de nanotechnologie, dont Drexler a revendiqué un temps la paternité, a été inventé en 1974 par le professeur Norio Taniguchi. Il est par contre indéniable que Drexler en a popularisé l'usage (Lenglet 2014).

L'acronyme NBIC désigne lui « la convergence des nanotechnologies (N) avec les biotechnologies (B), les sciences de l'information (I) et les sciences cognitives (C) » (AVICENN 2016, p. 12).

Le sigle NOAA (Nano-Objets manufacturés, leurs Agrégats et Agglomérats) est utilisé pour définir les matériaux composés ou constitués d'objets intentionnellement fabriqués à l'échelle nanométrique, afin de ne pas les confondre avec des particules d'origine naturelle (poussières volcaniques, embruns, virus) et des particules produites involontairement par l'activité humaine comme par exemple les fumées de combustion (AVICENN 2016, page 12).

3.2. Le récit des origines

Nous sommes le 29 décembre 1959, au California Institute of Technology, USA. Au cours du meeting de l'American Physical Society, le physicien Richard Feynman prononce une conférence intitulée « There's plenty of room at the bottom », il y a plein de place en bas. Ce discours, au cours duquel Feynman propose la perspective de la miniaturisation, est considéré par tous les acteurs des nanotechnologies comme le discours fondateur. C'est la première fois que l'on parle des nanotechnologies avant même que le mot ou les techniques n'existent.

Cette suggestion de pensée, cette évocation, peut-être née dans la lecture d'auteurs de science-fiction des années 1940 comme l'explique Marina Maestrutti en 2011, restera pendant près de 30 ans sans suite. C'est Eric K. Drexler, dans son livre « Engines of Creation » publié en 1986 qui reprend le mythe fondateur de Feynman et analyse les possibilités physiques d'une véritable technologie à l'échelle nanométrique. La perspective utopiste et radicale développée par Drexler, proche de la science-fiction, propose tout de même des dispositifs techniques qui semblent faciles à réaliser, et qui en cela placent Drexler dans un rôle d'expert. C'est à ce titre qu'il témoigne en 1992 auprès du Sénat à Washington, s'appuyant alors, pour rassurer son auditoire, sur le discours de Feynman devenu lauréat du Prix Nobel de Physique en 1965. Dans les années qui suivent, Drexler fonde le Foresight Institute, une organisation à but non lucratif dont la mission est de promouvoir les aspects positifs des nanotechnologies. Cela lui permet de développer ses idées, de les rendre accessibles à un plus grand nombre, mais aussi de stimuler et développer la recherche sur les nanotechnologies. Beaucoup de publications se confronteront par la suite aux idées développées par Drexler, soit pour en contester la faisabilité technique, soit pour discuter d'une autre idée développée par Drexler dans Engines of Creation, à savoir la possibilité d'une perte de contrôle des nanorobots qui deviendrait néfaste pour l'homme (vision sombre popularisée en 2002 par le roman La proie, de Michael Crichton). La figure de Drexler est depuis utilisée « pour opposer la valeur aléatoire d'une vision fictionnelle et prophétique des nanotechnologies à une attitude plus rationnelle », plus pondérée (Maestrutti 2011 p. 35). Une des brochures officielles de la Commission européenne illustre bien ce propos (Schulenburg, M., European Union, European Commission, 2007).

3.3. Des avancées techniques majeures

En 1981, deux chercheurs d'un centre de recherche d'IBM à Zurich en Suisse annoncent au monde entier la réalisation d'un microscope à balayage à effet tunnel, le STM (Scanning Tunnelling Microscope). Comme le montre la figure n°3 ci-dessous, il s'agit d'utiliser une pointe métallique qui va survoler la surface d'un matériau, tout en envoyant un courant entre la pointe et l'échantillon. La pointe balaye la surface et enregistre en même temps les variations de ce courant, autrement dit les variations de distance entre la pointe et la surface de l'échantillon. On reconstruit ensuite une image numérique du relief du matériau survolé. Cet outil permet la visualisation, sur un ordinateur, d'une seule molécule ou d'un seul atome.

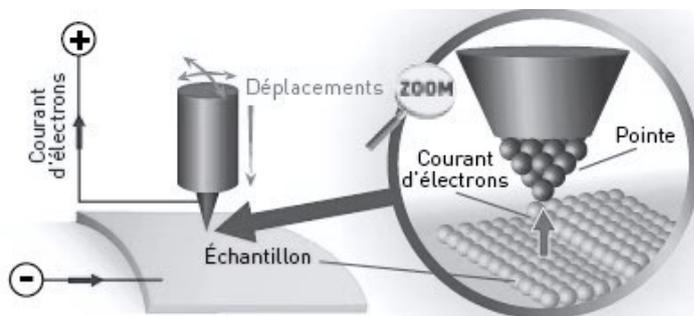


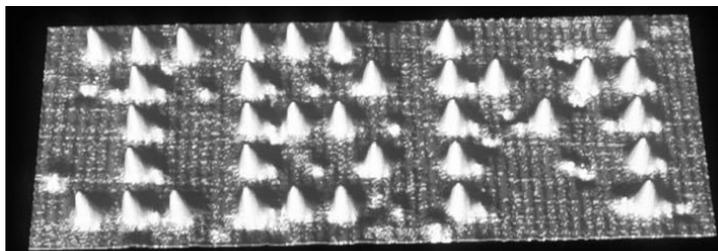
Figure n°3 - Fonctionnement du microscope à balayage à effet tunnel.

Source : <http://nanotechs.e-monsite.com/>

Gerd Binnig et Heinrich Rohrer, les deux chercheurs inventeurs de cet outil, obtiendront pour cela le prix Nobel de physique en 1986 en compagnie d'Ernst Ruska, inventeur du premier microscope électronique. Une façon de valoriser de manière significative un outil qui réalise les prédictions de Feynman, comme la matérialisation d'un rêve. Cet instrument est depuis lors considéré comme l'outil qui a ouvert les portes au développement des nanotechnologies. Car d'un simple outil de visualisation il est devenu rapidement un outil de manipulation des atomes. L'image du logo d'IBM construit en 1989 par D. M. Eigle et E. K.

Schweizer avec des atomes de xénon (figure n°4) est l'argument médiatique le plus fort en faveur de cet outil. Intitulé *The beginning* (Le commencement), c'est le premier geste qui permet d'agir avec une réelle précision au niveau atomique. C'est aussi la médiatisation de cette image qui amènera à la création du premier programme de recherche étatique en faveur des nanosciences, aux Etats-unis.

Figure n°4 - Logo IBM
construit avec 35 atomes de
xénon.
Source : <https://www.nano.gov>



De nombreux autres outils ont été inventés depuis pour étudier et manipuler les nano-objets : pinces optiques, synchrotrons, centrales de technologies... Deux approches techniques permettent désormais de fabriquer des nano-objets :

- la voie descendante (ou Up-Bottom), qui vise à miniaturiser les composants existants tout en préservant leur fonction. Cette méthode, largement utilisée en électronique ou en mécanique, se heurte de plus en plus à des limites techniques.
- la voie ascendante, ou Bottom-Up, celle-là même qui était imaginée par Drexler ou pour laquelle il fut décrié, qui consiste à construire un objet en assemblant les atomes ou les molécules de base, afin d'obtenir les propriétés et les fonctions désirées.

Cette image, élevée au rang d'icône des nanotechnologies, a participé au développement de la controverse, en rendant visible l'invisible, et en questionnant le rapport entre fiction et réalité. Les images ont en effet une certaine influence sur la manière de concevoir les possibles applications des nanotechnologies. Mais elles ont aussi un fort pouvoir promotionnel auprès de la communauté scientifique, des décideurs politiques et du grand public. La production visuelle est donc essentielle pour développer « une culture consciente du nanomonde » (Maestrutti 2011, p. 77).

3.4. Le développement mondial des nanosciences et de la nano-industrie

Quelle que soit la portée prophétique et médiatique du livre de Drexler, il n'a pas été le précurseur de l'industrie des nanotechnologies. Depuis les années 1970, des ingénieurs du monde entier travaillaient déjà à l'échelle du nanomètre. Avec sa puissance financière et sa maîtrise du marché de l'électronique, IBM était aux avant-postes, comme nous l'avons vu précédemment. Dans les années 1980, le ministère du Commerce et de l'Industrie du Royaume-Uni officialisait un programme national de recherche sur les nanotechnologies, tandis que le ministère allemand de l'Education et de la Recherche ouvrait des filières de formation aux nanotechnologies. Et les premiers lobbys industriels s'organisaient pour capter la manne financière dédiée à la recherche scientifique.

L'ensemble des secteurs industriels (électronique, mécanique, chimie, agroalimentaire...) ont alors développé des objets nanométriques, ou des objets comprenant des composants nanofabriqués. Par exemple, les nanoparticules de dioxyde de titane (TiO₂) ont été intégrées dans de nombreux produits de

consommation courante : dans l'alimentation (sous le code E171, comme colorant), les crèmes solaires, dans les bétons ou les enrobés (comme catalyseur épurateur des COV et NOx émis par les véhicules dans l'air)... Le dioxyde de silicium (SiO₂) est lui utilisé par l'industrie agro-alimentaire pour fixer l'humidité et empêcher l'agglomération des poudres (Le Hir 2016). Des matériaux hydrophobes ont été développés, tout comme des adhésifs plus performants ou des filtres à particules polluantes. Les matériaux nanostructurés contribuent également au développement de nouveaux modes de conversion d'énergie (piles à combustible hydrogène, énergie photovoltaïque, thermoélectricité) (CVC 2006).

D'autres secteurs, peut-être moins médiatisés mais tout aussi importants, comme le marché de la surveillance ou le secteur de la défense, ont eux-aussi développé des nanomatériaux pour servir leurs besoins (nano-puces électroniques, nano-micros, nanogaz, gilets pare-balles améliorés). Une société française a ainsi développé un nanodrone Libellule, de la même taille que l'animal réel, et qui permet de recueillir des informations à distance (images et sons). La CIA travaille actuellement sur un projet de nanomoustique, capable de prélever des échantillons d'ADN et d'injecter une nanopuce électronique sous la peau (Lenglet 2014).

Enfin, une grande part des budgets de recherche a été affectée aux recherches dans le domaine médical (la nanomédecine), afin de développer des solutions de soins plus efficaces. Le travail des chercheurs a permis de développer des laboratoires miniatures, capables d'effectuer des analyses biologiques ou génétiques et de transmettre les résultats en temps réel sur Internet. Le développement de vecteurs nanométriques de médicaments (capsules, vésicules creuses) permet de progresser dans la façon de les administrer, des nanoparticules augmentent la biocompatibilité d'implants et de prothèses... L'objectif est de développer une médecine plus personnalisée, des soins moins invasifs et plus efficaces, de développer la régénération de tissus malades, autrement dit de révolutionner les pratiques médicales pour prolonger l'espérance de vie humaine (Julien 2015).

L'ensemble de ces créations ou projets de création ne sont qu'un aperçu des nanomatériaux et nano-objets déjà inventés et déjà développés à l'échelle industrielle dans le monde. Depuis les années 1970, tous les secteurs ont ainsi pu profiter des avancées technologiques et techniques, avec une vitesse de développement augmentée par la concurrence entre les entreprises et entre les Etats. Aujourd'hui, selon l'inventaire de 2013 du Project on Emerging Nanotechnologies (PEN) de l'Institut Woodrow Wilson, aux Etats-Unis, plus de 1600 produits de consommation contiennent des nanomatériaux. Ce sont principalement des produits pour la santé et le bien-être, ainsi que pour la maison et le jardin (Marano 2016).

3.5. Les nanotechnologies dans l'espace public

Si les laboratoires du monde entier travaillent à l'échelle nanométrique depuis les années 1970, le grand public n'a lui été informé que bien plus tard. Les parutions de l'ouvrage de Drexler, *Engines of Creation* (1986) ainsi que du roman de Michael Crichton *La proie* (2002) sont deux événements importants. Ils ont amené dans la sphère grand public l'idée d'une possible manipulation des objets de taille atomique, et en même temps l'idée du risque encouru par la société à le faire. Drexler, par l'intermédiaire du Foresight Institute, a même fait de la popularisation des nanosciences son cheval de bataille, participant à l'émergence du premier programme de recherche financé par un Etat. En effet, le 21 janvier 2000, Bill

Clinton lance aux Etats-Unis la National Nanotechnology Initiative (NNI), un programme fédéral doté au départ d'un budget de 500 millions de dollars. La Commission européenne débloque 1,3 milliards d'euros sur la période 2002-2006 pour un programme de recherche spécifique aux nanosciences et aux nanotechnologies (Bécard 2010). D'autres pays, y compris des pays membres de l'Union européenne, feront de même. Les programmes se poursuivent encore aujourd'hui, augmentant chaque année les dotations : gouvernements, entreprises et investisseurs se font la course. Récemment, le président Obama a ainsi provisionné un budget de 1,4 milliards de dollars pour l'année 2017, pour un cumul de 24 milliards rien qu'aux Etats-Unis depuis 2001 (www.nano.gov), pendant que Vladimir Poutine en Russie augmentait l'enveloppe budgétaire des financements gouvernementaux de 40% (Marano 2016).

Le début des années 2000 est aussi le moment où « les associations de consommateurs et les associations environnementales commencent à s'interroger sur les nanoparticules et leurs possibles effets sur l'organisme et l'environnement » (Bécard 2010). En 2003, une organisation canadienne (ETC) publie un rapport alarmiste intitulé *The big down*, dans lequel elle fait état d'inquiétudes sur les possibles effets toxiques des nanoparticules. Elle demande alors un moratoire tant que des protocoles de sécurité n'ont pas été mis en place. En Grande-Bretagne, le Prince Charles, inquiet à la lecture de ce rapport, demande aux académies scientifiques de son pays de réfléchir aux risques encourus par les nanotechnologies (Bécard 2010). En 2006, l'AFSSET (Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail) publie un rapport relatif aux effets des nanomatériaux sur la santé de l'homme et sur l'environnement. C'est à cette période que le grand public prend vraiment conscience de l'existence du nano-monde. Monde qui devient très vite réel et visible.

Imaginé en 1999 par Jean Therme, alors directeur du CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), et inauguré en 2006, le campus Minatec à Grenoble est le premier centre de recherche français dédié aux micro et nanotechnologies. Il fait dès le départ l'objet d'une vive opposition locale conduite notamment par le collectif local Pièces et Main d'oeuvre, mais dépasse rapidement les frontières du département et s'invite à l'échelle nationale. Le collectif, en organisant des ateliers d'information et en manifestant publiquement et bruyamment sa désapprobation par un discours résolument technophobe (parlant de nécrotechnologies), a permis à la France entière de prendre connaissance de l'existence des nanoparticules et des risques encourus par ces technologies. La controverse se développe alors dans l'espace public. La société civile interroge l'Etat, qui poursuit pendant ce temps ses investissements dans les nanotechnologies (programme Nano-Innov en 2007, campus NanoSaclay en 2011). En 2006, le Conseil régional d'Ile-de-France, qui investit cette année là 5 millions d'euros dans la recherche en nanosciences, prend l'initiative d'organiser un débat public sur les nanotechnologies. Un panel de seize citoyens censés représenter la population française interpelle les scientifiques lors d'un débat public, d'où il sort un document de recommandation censé guider les futurs choix de l'assemblée régionale en matière de technologie. Malgré un partenariat presse et radio, l'impact médiatique de ce débat est assez faible et ne touche pas beaucoup le public français. C'est suite au Grenelle de l'Environnement et une demande de FNE (France Nature Environnement), que des débats sont instaurés dans plusieurs grandes villes de France en 2009-2010. Et leur impact médiatique sera bien plus important, amenant réellement les nanotechnologies dans l'espace public. L'Etat confie la maîtrise d'ouvrage des débats à une commission indépendante spécialement créée pour l'occasion, la CNDP (Commission Nationale du Débat Public nanotechnologies). La structuration de l'organisation du débat (grandes villes avec nanopoies, promotion des nanos industries locales, débat industriels contre associations) permettra la constitution d'une documentation très riche (beaucoup d'avis tranchés, le collectif Pièce et main d'oeuvre a réussi à faire

annuler certains débats), et provoquera la prise de position officielle de l'Etat suite aux débats. Nous verrons que ces débats furent aussi l'occasion de développer la controverse sur les nanotechnologies et l'implication de l'Etat dans leur financement.

Conclusion

Les nanoparticules regroupent l'ensemble des objets fabriqués par l'homme et d'une taille nanométrique. Leur manipulation puis leur fabrication a commencé dans les années 1970, encouragées par le discours visionnaire de Feynman en 1959 puis l'invention du microscope à effet tunnel en 1981. Les Etats et les entreprises se sont alors lancées dans une compétition pour développer la recherche fondamentale et les applications techniques. Les industries de tous les secteurs économiques ont ainsi bénéficié d'une importante manne financière, due au financements publics et à la vente de leurs nouveaux produits. A partir des années 2000, mais surtout à partir de 2010, le grand public a pris connaissance de ce sujet et de ses enjeux. La controverse se développe depuis.

4. Recueil de données - méthodologie et corpus

4.1. Cadre théorique

Un corpus est un ensemble de documents, artistiques ou non (textes, images, vidéos, etc.), regroupés dans une optique précise (Wikipédia). La construction du corpus dépend de la problématique (problématique cognitive et valorisante) choisie, on élaborera donc un corpus selon la situation (locuteurs, finalité et dispositif) (Charaudeau 2015). Notre problématique ici concerne les nanotechnologies et la façon dont les acteurs de la controverse développent leur discours dans l'espace sémantique de cette controverse. Il ne s'agit en aucun cas être exhaustif et d'analyser tous les événements discursifs liés aux nanotechnologies. Donc nous allons ici nous attacher à construire un corpus d'échantillons. Cette technique de constitution des textes par échantillonnage permet de sélectionner un certain nombre d'échantillons (de documents) sur lesquels sera mené le travail d'analyse. L'échantillonnage touche donc à la fois le choix des documents à intégrer et la partie de ces documents à conserver.

La constitution effective, une fois les critères établis, se déroule en deux phases distinctes :

- La sélection des sources ;
- Les critères de sélection des textes et la décision de savoir s'il faut prendre le texte complet ou des fragments du même texte.

L'élaboration du corpus dépend donc des différents critères de sélection énumérés ci-après :

- Taille du document ;
- Support (journal, publication scientifique...) ;
- Diversité des positions représentées ;
- Diversité des modes de diffusion ;
- Diversité des locuteurs ;
- Solidité des positions (citation par les autres) ;
- Temps couvert par le corpus ;
- Espace géographique couvert par le corpus.

Si la quantité de documents est, au départ, suffisamment importante, ce qui est le cas ici, il paraît nécessaire de développer un corpus présentant des échantillons diversifiés (et éventuellement de taille similaire), et une origine nettement repérée (les coordonnées des documents primaires sont conservées).

Enfin, il convient de garder à l'esprit que cette méthode d'échantillonnage présente des limites intrinsèques, liées à :

- La méthode de recueil des données, qui empêche l'exhaustivité à cause du trop grand nombre de sources et de locuteurs. Le corpus doit donc être considéré comme non clôturé ;
- La valeur de représentativité des éléments retenus ;
- Le traitement des données et l'analyse qui est faite de chacun des documents.

4.2. Sélection des sources

Sélectionner des ressources documentaires pour constituer un corpus c'est s'intéresser aux discours dans leur dimension incarnée, ancrée dans l'espace public. C'est donc sélectionner les grands événements discursifs d'un territoire donné.

Les événements pionniers proviennent des USA (et ont impacté le reste du monde dont la France) :

- Le discours de Feynman en 1959 (There's plenty of room at the bottom) ;
- Le livre d'Eric Drexler « Engines of creation - The coming era on nanotechnology » (1986) ;
- Le premier programme étatique de recherche des nano lancé par les USA , le « National Nanotechnology Initiative » (2000).

Suite à cela, d'autres événements ont été produits en France et en Europe parmi lesquels :

- Les éléments du débat en Ile de France en 2006-2007 ;
- Les cahiers d'acteurs du débat en France en 2009-2010 (51 acteurs ont déposé une contribution présentant leur point de vue) ;
- Les positions d'associations citoyennes (AVICENN en 2016, collectif Pièce et Main d'Oeuvre en 2016) ou de citoyens (Livre de Roger Lenglet en 2014).

Nous avons choisi de nous concentrer uniquement sur les éléments produits lors du débat de 2009-2010 en France. Intitulé « débat public sur les options générales en matière de développement et de régulation des nanotechnologies » et organisé par la Commission Nationale du Débat Public (CNDP) suite au Grenelle de l'Environnement, ses objectifs sont (cpdp.debatpublic.fr) :

- Informer la population sur les principales controverses que soulève le sujet et lui permettre de comprendre les positions des acteurs qui les portent.
- Permettre à la population de s'exprimer sur les nanotechnologies.
- Eclairer les grandes orientations de l'action de l'Etat.

A cette occasion, 17 réunions publiques ont été organisées dans 17 grandes villes de France, et 51 cahiers d'acteurs ont été rédigés par des entreprises, associations, agences publiques ou d'autres entités souhaitant prendre part au débat public.

J'ai fait le choix de sélectionner dans mon corpus les 51 cahiers d'acteurs produits lors de ce débat. D'une part parce que cela me permet de négliger la voix d'aucun des acteurs impliqués (Venturini 2008), d'autre part parce que ces sources sont assez faciles à retrouver par les élèves et enseignants. Les autres événements discursifs nécessitent soit d'acheter le livre correspondant, soit de traduire des documents. Même si ces activités développent un certain nombre de compétences non négligeables, ce ne sont pas celles que je souhaite développer dans l'outil technique proposé en partie sept.

4.3. Sélection des échantillons

Pour chaque événement discursif, la décision de savoir s'il faut prendre le texte complet ou des fragments du même texte doit être prise impactera l'analyse qui en sera faite. Le corpus rassemble donc des données qui sont construites pour les besoins d'analyse, qui résultent donc d'un compromis (faire avec ce à quoi on a accès, et faire avec une partie choisie de ce à quoi on a accès).

Pour chaque document source (donc pour chacun des 51 cahiers d'acteur), l'ensemble du document (4 pages) a été sélectionné. Cela permet, pour mon analyse de la partie 5, d'en améliorer :

- La pertinence (adéquation entre le document et le sujet d'analyse) ;
- La cohérence (document représentatif d'une seule entité, d'un seul locuteur) ;
- La représentativité (les résultats obtenus sur l'échantillon sont généralisables à l'ensemble du document source).

Je me suis enfin concentré sur les éléments de synthèse ou de conclusion car ils présentent un risque plus faible de positions extrêmes.

L'ensemble des textes choisis est présenté en annexe 2.

5. Analyse de l'espace sémantique de la controverse sur les nanotechnologies

5.1. Méthodologie d'analyse

Pour mieux comprendre comment s'articulent les événements discursifs au sein de la controverse des nanotechnologies, nous allons employer deux méthodes d'analyse :

- L'analyse sémantique telle que développée par Lescano notamment (Lescano 2016) dont une grande partie de la méthodologie est reprise ici ;
- L'analyse cartographique initiée par Latour (Chevassus-au-Louit, 2011). Faute de ressources informatiques suffisantes, cet outil d'analyse ne sera ici qu'esquissé pour en montrer le potentiel.

5.1.1. L'analyse sémantique

L'objectif est de déterminer quelle est la structuration sémantique de la controverse, c'est à dire la façon dont sont organisées les différentes positions, quels sont les points de divergence et de convergence entre les acteurs. Et il s'agit bien d'une analyse sémantique, c'est à dire que nous étudions non pas l'idée sous-jacente ou la représentation mentale de l'acteur, mais les mots qu'il emploie. Sans faire d'analyse strictement linguistique, il s'agit donc de caractériser les régularités de l'échantillon plutôt que le décrire exhaustivement. Pour cela, nous nous inspirons fortement de la théorie des blocs sémantiques développée par Marion Carel et Oswald Ducrot (repris dans Lescano 2016). Nous en empruntons ici quelques outils.

La méthode d'analyse utilisée ci-après s'appuie sur les éléments de sémantique présentés dans la partie 2.3. de ce rapport. Elle s'applique à chacun des 51 cahiers d'acteurs :

- Recherche des principaux concepts énoncés ;
- Réécriture de ce que communique l'énoncé (reformulation selon un langage détaillé ci-après) ;
- Classement des concepts selon leurs liens avec les autres concepts ;
- Détermination de la position de l'acteur par rapport au concept (est-ce qu'il l'investit, le naturalise ou le combat).

Pour l'interprétation sémantique, les positions seront analysées en tant que relatives à des concepts, pouvant appartenir à deux types différents (Lescano 2011, à partir de Carel & Ducrot) :

- Consécutif ou causal : donc, alors, par conséquent. Il seront abrégés DC (DONC) ;
- A caractère opposable : pourtant, malgré. Il seront abrégés PT (POURTANT).

Il existe trois niveaux dans la complexité de l'analyse : i) déterminer l'ensemble des positions assimilées par les acteurs, ii) définir les relations entre les positions et iii) trouver les positions pilotes. On peut compléter l'outil en rajoutant l'expression Nég devant une partie du concept pour signifier l'inversion de sens. Enfin, le concept mis en évidence sera écrit entre crochets afin de le distinguer du reste de la production écrite. Voici pour mieux comprendre quelques exemples tirés de l'analyse des cahiers d'acteurs.

Exemple 1 :

La phrase suivante est relevée dans la production de l'acteur FIDEA : « Les nanomatériaux de synthèse commencent à apporter une série de propriétés utiles au monde complexe et varié des matériaux. » On peut retranscrire ce que dit cet acteur par le concept suivant : [Nano DC Plus-value]. Car à travers cette production discursive, l'acteur évoque l'argument « les nanoparticules apportent une plus-value ». Comme cet argument est présenté comme un fait, un postulat, nous pourrions définir l'assimilation de ce concept par son auteur, qui ici naturalise cette position dans l'espace sémantique de la controverse.

Exemple 2 :

La phrase suivante est relevée dans la production de l'acteur SEPANSO : « Le « principe de précaution » n'est pas appliqué. Cela aussi est inacceptable. » On voit bien ici que l'acteur investit le concept [Les nanotechnologies sont dangereuses DC Il faut appliquer le principe de précaution].

Exemple 3 :

La phrase suivante est relevée dans la production de l'acteur CESR Bretagne : (le CESR Bretagne) «insiste sur la nécessité de renforcer nettement l'effort de la recherche dans le domaine des risques. » Ici, l'acteur investit le concept [Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] qui est en réalité un sous-concept du concept cadre [Nano DC Amélioration des savoirs].

Ce travail réalisé dans le cadre de ce mémoire nous permet de rassembler, pour toutes les opérations discursives, l'ensemble des opérations d'assimilation réalisées par les acteurs. Cela permet donc de mieux comprendre la structuration de l'espace sémantique de la controverse et les liens unissant les différentes positions. Ce n'est pas une interprétation des faits mais bien l'analyse de leur coexistence, de leur fonctionnement et de leur transformation (Foucault 1966).

5.1.2. L'analyse cartographique

De nombreux chercheurs ont développé des outils cartographiques d'analyse des controverses. Cela fait même l'objet d'enseignements. C'est notamment le cas à Science-Po Paris, sous la direction de Bruno Latour qui fut l'un des premiers à développer cette méthode. Il s'agit, comme le montre Murillo & al (2013), de réaliser « un processus de genèse instrumentale », et pouvoir ainsi mieux s'appropriier les schèmes construits par l'analyse. « Cartographier une controverse, c'est donc lister les positions en présence » (Chevassus-au-Louit, 2011 page 76) afin de mieux représenter les acteurs et les arguments d'un système complexe.

Comme dit précédemment, une représentation graphique simplifiée des liens entre les acteurs et les concepts (opérations d'assimilation) a été réalisée. Tout en prenant en compte le fait que ce n'est ici qu'une ébauche, elle permet de mieux comprendre les relations entre les concepts et les acteurs.

5.2. Les acteurs de la controverse

La cinquantaine d'acteurs qui se sont exprimés au cours du débat en France en 2010 (on peut retrouver la liste complète des acteurs en annexe 1) rassemble plusieurs catégories d'acteurs. La figure n°5 permet d'en comprendre la répartition.

Parmi la population, on retrouve surtout des associations (de protection de l'environnement, de consommateurs, d'usagers). Les agences publiques sont des établissements publics réalisant une mission de service public. Les entreprises qui se sont exprimées dans le débat sont des entreprises produisant des nanomatériaux ou des nano-objets. On retrouve également des organisations syndicales de défense des salariés, des partis politiques ou des structures élues (Conseil régional par exemple). La communauté médicale regroupe ici les académies (médecine, pharmacie). Enfin nous avons nommé sous le terme « Association corporatiste » un groupement d'intérêt scientifique faisant la promotion de la recherche scientifique (l'IRESP).

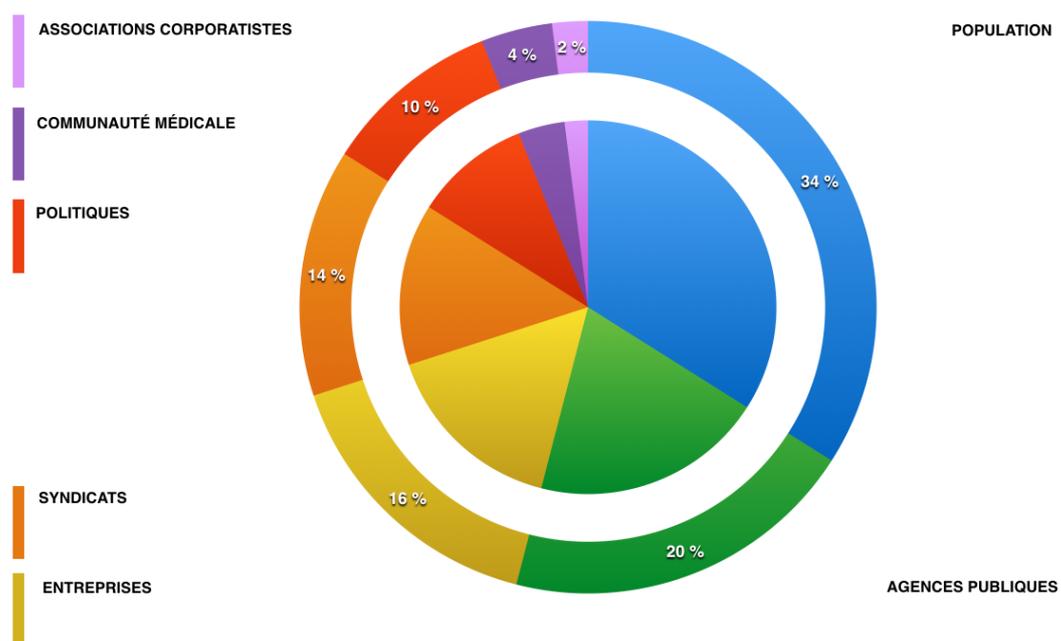


Figure n°5 - Les différents acteurs de la controverse

Ce premier travail assez simple peut être proposé aux élèves afin de les sensibiliser à la multiplicité des acteurs d'une controverse.

5.3. Analyse sémantique de la controverse

L'ensemble de l'analyse sémantique réalisée (acteur par acteur, extrait choisi et concept correspondant) est présentée en annexe 3. L'ensemble des opérations d'assimilation est présentée dans le tableau de l'annexe 4, de même que l'ensemble des concepts-cadre et sous-concepts (annexe 5). Ces travaux nous permettent de schématiser, pour chaque acteur, ses relations avec les concepts émis. C'est **le premier niveau d'analyse**. Quelques exemples choisis parmi les plus représentatifs des résultats obtenus sont visibles en figure n°6.

Remarque : dans la théorie des blocs sémantiques, on parle de blocs conceptuels pour montrer qu'une même opération discursive peut être appréhendée de deux façons, selon le mode causal et le mode oppositif (Lescano 2013). Par exemple, autour de la notion de plus-value, on peut à la fois affirmer que les nanos sont une plus-value ([Nano DC Plus-value]) mais aussi affirmer qu'elles n'en sont pas une ([Nano DC Nég plus-value]). Et chacune de ces deux positions peut être investie/naturalisée ou combattue. Nous pouvons donc schématiser de deux manières différentes une même opération discursive (figure n°7).

Figure n°6 - Représentation des positions assimilées par un acteur

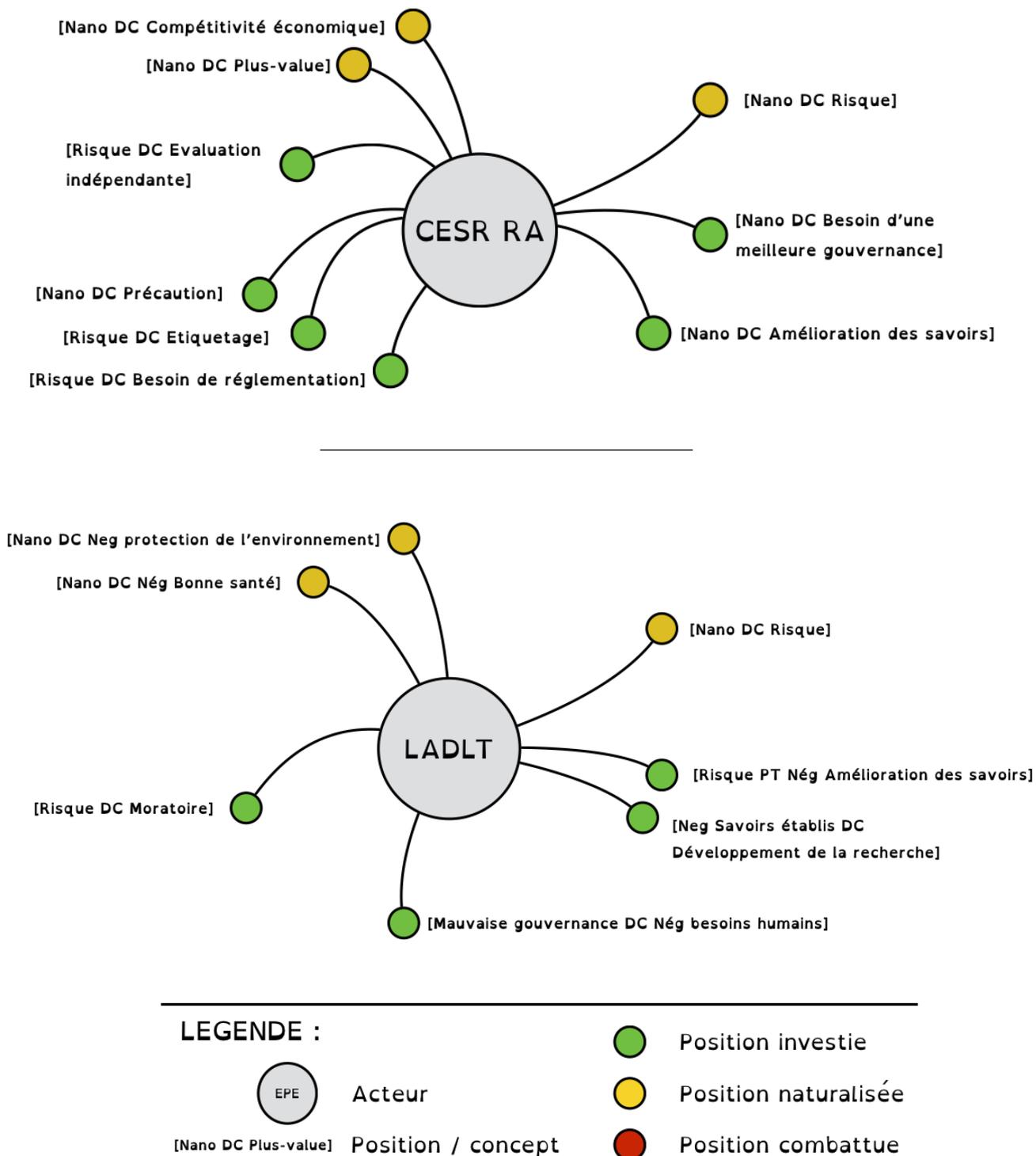
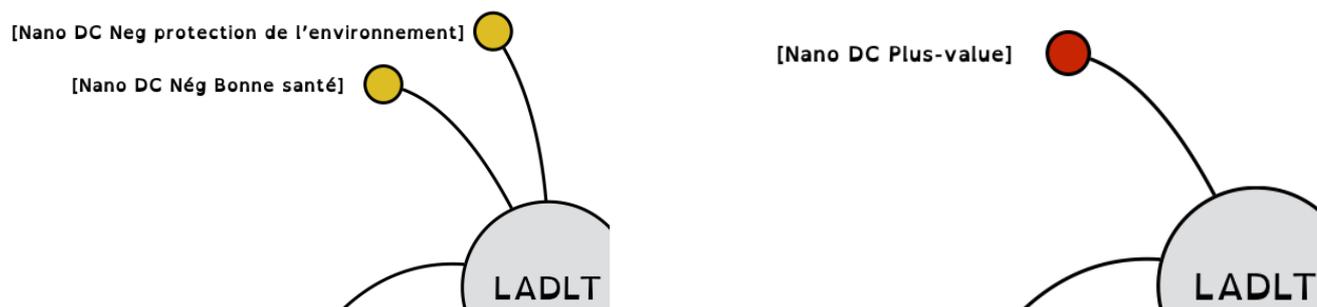


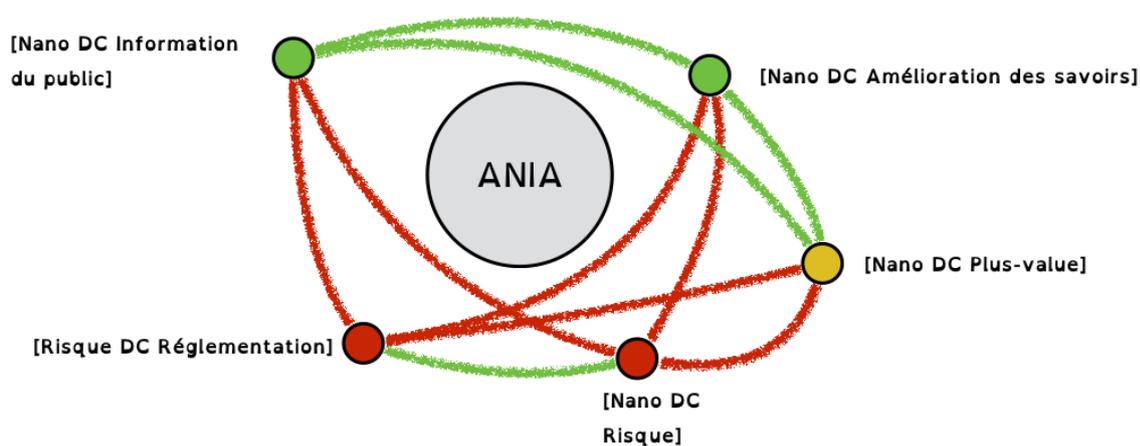
Figure n°7 - Les deux représentations d'une même opération discursive



On voit bien que ces représentations et ce travail permettent de recenser les opérations discursives, dans le sens où chacun des extraits porte sur des concepts qui agissent dans l'espace sémantique de la controverse. Par exemple, l'acteur EPE est une entité sociologique définie par ce qu'il dit et la façon dont il le dit (la composante descriptive de l'auteur). En naturalisant le concept [Nano DC Plus-value], EPE devient susceptible de produire de nouveaux discours qui vont dans le sens de cette position, de ce concept. C'est notamment ce que fait l'acteur CESR RA en produisant trois énoncés ([Risque DC Etiquetage], [Risque DC Besoin de réglementation] et [Nano DC Précaution]) qui vont tous dans le même sens ([Risque DC Réglementation]).

Le deuxième niveau d'analyse consiste à identifier, parmi toutes les positions assimilées par les différents acteurs, les points de clivage et les points de convergence entre deux positions. C'est ce que

Figure n°8 - Relations de tension et de solidarité entre les positions d'un acteur



nous avons appelé les relations de solidarité et les relations de tension. A partir d'un nouvel exemple issu des travaux sur les cahiers d'acteurs du débat national, la figure n°8 illustre des relations entre positions. On distingue très facilement les relations de tension entre deux positions assimilées. En effet, l'acteur ANIA investit la position [Nano DC Plus-value] mais dans la même opération discursive combat la position [Nano DC Risque]. Il crée donc une incompatibilité entre les deux positions, il les met en tension. Cet acteur pousse donc les autres acteurs qui souhaitent combattre cette position à combattre également les positions qui lui sont solidaires (exemple : [Risque DC Réglementation]).

Pour compléter ce deuxième niveau d'analyse nous pouvons également identifier les points de blocage et les points de convergence entre les acteurs. Là encore cela permet de mieux définir la place de chaque acteur dans l'espace sémantique. Et cela montre également toute la difficulté à réguler ou régler les conflits liés à la controverse. Deux acteurs présentant des points de blocage sur de nombreuses positions peuvent tout à fait présenter un point de convergence sur une autre position. C'est ce que montre la figure n°9.

Au troisième niveau d'analyse, il convient enfin de différencier les positions en fonction de leur statut. Il existe des concepts autour desquels les autres sont construits. On parle alors de concept pilote et de concept périphérique. Le nombre important d'acteurs traités pour réaliser notre analyse complique ce travail de recherche de position pilote et périphérique. Grâce à l'analyse des documents, on découvre alors de façon implicite que la notion de risque est omniprésente dans les discours. On peut donc dire que c'est autour de ce concept ([Nano DC Risque] ou [Nano DC Nég risques] que tournent les autres concepts (pour donner quelques exemples : [Risque DC Information du public], [Risque DC Réglementation]). La notion de plus-value est également centrale dans la controverse. Nous pouvons également pondérer ces prises de position en fonction de l'intensité de la position. Il s'agit alors d'évaluer la légitimité de l'acteur, la solidité d'une relation de tension ou de solidarité.

Avec la cinquantaine de prises de positions différentes, il paraît compliqué d'en rassembler certaines pour mieux en comprendre la posture. Nous observons toutefois quelques similitudes entre certaines positions et pouvons alors créer sept groupes représentant sept positions. Bien sûr ce travail est à nuancer par le fait qu'à l'intérieur de chaque groupe il existe de légères variations entre les acteurs dans les concepts assimilés.

On distingue les catégories d'acteurs suivantes :

- **Pro +** . Soutiennent sans réserves le développement des nanotechnologies. Exemple : l'acteur FEBEA
 - naturalise le concept:
 - **[Nano DC Plus-value]** «En complément avec d'autres filtres [...], le TiO₂ est incontournable et permet d'obtenir des indices de protections solaires UVB et UVA très élevés, bien équilibrés, qui jouent un rôle essentiel dans la prévention des cancers cutanés.»
 - et combat les concepts:
 - **[Nano DC Risque]** «Les nanoformulations liquides n'exposent pas à ces risques. Les nanoémulsions et les liposomes sont des systèmes qui se désagrègent au contact de la peau et qui ne posent pas de problème de sécurité lors de leur utilisation en cosmétique»,
 - **[Risque DC Evaluation indépendante]** «Une vingtaine d'études de la pénétration cutanée du TiO₂ sous forme nanométrique dont celles menées dans le cadre du programme européen de

recherche NANODERM, ont montré que le nano TiO₂ ne pénètre pas dans les couches vivantes de la peau. Ces études ont été conduites [...] par des acteurs aussi différents que des industriels, des équipes de recherche académiques et des agences gouvernementales. »

- **[Risque DC Réglementation]** « Les méthodes conventionnelles d'évaluation du risque sont suffisantes, car le caractère nano de ces éléments ne nécessite pas d'évaluation particulière. »

- **Pro** - . Soutiennent le développement des nanotechnologies tout en préconisant des normes ou réglementations. Exemple : l'acteur CESE

- naturalise les concepts :

- **[Nano DC Plus-value]** « les nanotechnologies recèlent un potentiel considérable de transformations positives de notre vie quotidienne et d'avancées des connaissances »
- **[Nano DC Risque]** « De nombreuses mesures de précaution et de prévention des risques doivent être respectées. »
- **[Inquiétude DC information du public]** « le débat public est une dimension essentielle de la question car les peurs naissent de la méconnaissance des phénomènes mais aussi du sentiment que les préoccupations exprimées ne sont pas prises en compte. Le débat public permet de traiter ces deux aspects. »

- et investit le concept :

- **[Risque DC Besoin de réglementation]** « Il est important de s'appuyer sur les règles de protection déjà existantes [...], tout en les adaptant et en les complétant. »

- **Neutre +** . Affichent une position neutre mais un avis favorable au développement des nanotechnologies. Exemple : l'acteur CNISF investit les concepts :

- **[Nano DC Plus-value]** et **[Nano DC Risque]** « Les bénéfices attendus des nanotechnologies doivent être présentés, mais il ne faut pas occulter les risques possibles, notamment l'impact sur l'homme et son environnement. »
- **[Nano DC Information du public]** « Les Ingénieurs et Scientifiques de France proposent[...] d'assurer la plus grande transparence, pour répondre aux interrogations des citoyens »
- **[Risque DC Réglementation]** « Compte tenu des incertitudes quant aux risques éventuels [...], les Ingénieurs et Scientifiques de France proposent [...] d'encadrer, au cas par cas, le développement et les applications des nanotechnologies. »

- **Neutre**. Affichent une position neutre. Exemple : l'acteur APPA

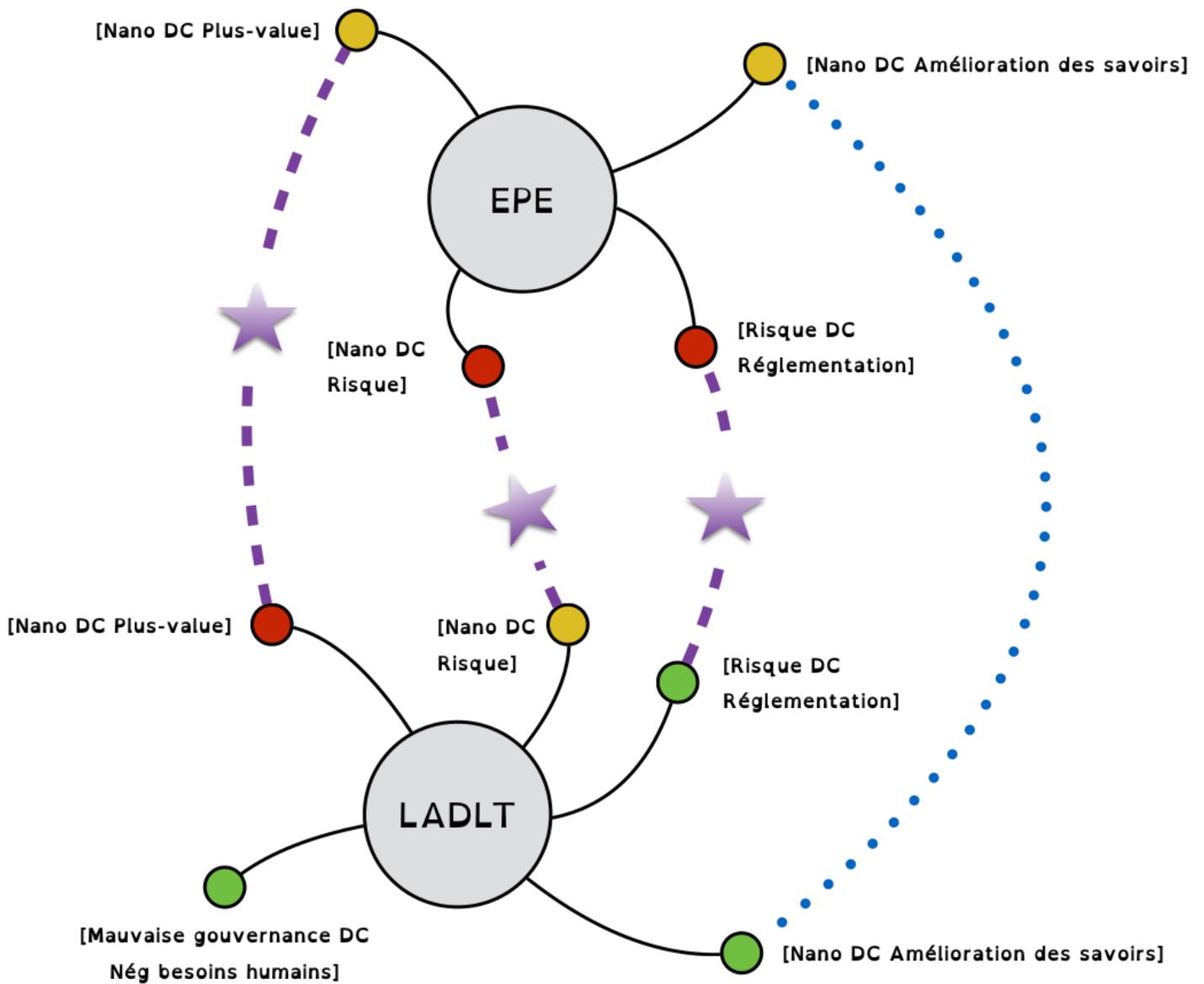
- naturalise le concept

- **[Nano DC Risque]** « Les nanoparticules, déjà élaborées, ne sont sans doute pas sans risques sanitaires » et « les découvertes scientifiques, obéissant à des logiques économiques, peuvent présenter des effets pervers non maîtrisés. »

- investit les concepts

- **[Risque DC information du public]** « Il convient alors de diffuser des définitions claires de manière à poser le débat avec netteté et clarté de manière à ce que tous les citoyens se sentent interpellés et puissent se saisir du débat. »
- **[Nano DC Besoin d'une meilleure gouvernance]** « Les principales conclusions de ce débat font apparaître la nécessité de l'émergence d'une « gouvernance » sur le sujet »

Figure n°9 - Points de blocage et de convergence entre acteurs



LEGENDE :

- | | | | |
|--|----------------------|--|----------------------|
| | Acteur | | Position investie |
| | | | Position naturalisée |
| | | | Position combattue |
| | Point de blocage | | |
| | Point de convergence | | |

- **Neutre** - . Affichent une position neutre mais un avis défavorable au développement des nanotechnologies. Exemple : l'acteur ASD
 - naturalise le concept
 - **[Nano DC Risque]** (voir prises de position ci-dessous)
 - investit les concepts
 - **[Risque DC Réglementation]** « nous demandons que les réglementations européennes et françaises soient adaptées aux spécificités des nanomatériaux sans tarder »
 - **[Nano DC Information du public]** « nous demandons que le débat public national sur les nanotechnologies soit prolongé par de nouveaux débats publics »
 - **[Nano DC Besoin d'une Meilleure gouvernance]** « nous demandons qu'une véritable démocratie participative soit mise en place concernant les choix scientifiques et technologiques »

- **Anti +** . S'opposent au développement des nanotechnologies sauf si certaines conditions sont respectées. Exemple : l'acteur CLCV
 - investit les concepts
 - **[Nano DC Plus-value]** « Face à cette incertitude fondamentale, seul le rejet systématique de toute innovation technologique garantirait l'absence de nouveau risque, ce qui reviendrait en retour à priver la collectivité de tout bénéfice et perspective de progrès. »
 - **[Risque DC Evaluation indépendante]** « Pour la CLCV, le développement des « nanos » doit être accompagné d'un dispositif d'évaluation scientifique et éthique indépendant. Nous considérons que la question de la sécurité pour les consommateurs de ces technologies devrait figurer parmi les priorités de la recherche publique. »
 - **[Risque DC information du public]** « S'agissant de risques et de bénéfices qui les concernent, les citoyens ont le droit de savoir et de comprendre. Pour cela, un important travail de vulgarisation de l'expertise devrait être mené sous des formes multiples. »
 - **[Risque DC Réglementation]** « la CLCV demande un certain nombre d'adaptations importantes pour réellement prendre en compte les spécificités des nanotechnologies. »
 - **[Nano DC Amélioration des savoirs]** « La CLCV constate que l'ensemble de ces travaux soulignent l'insuffisance des données aujourd'hui disponibles pour l'évaluation des effets toxicologiques des nanoparticules et nanomatériaux. » et « La CLCV demande que d'importants efforts de recherche soient rapidement mis en œuvre sur la toxicité des nanoparticules. »
 - naturalise le concept [Nano DC Risque] (voir positions ci-dessus).

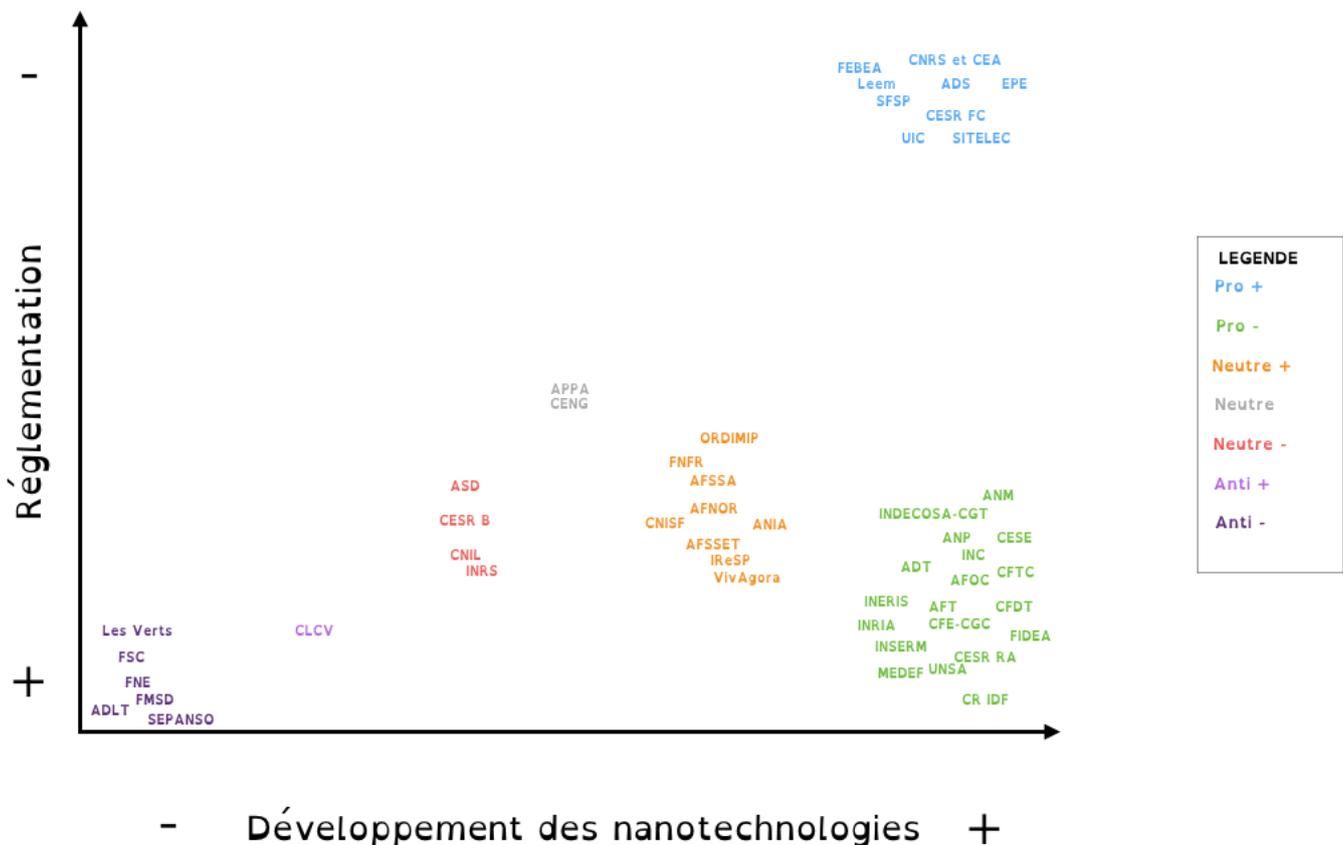
- **Anti -** . S'opposent sans réserves au développement des nanotechnologies. Exemple : l'acteur Les Verts
 - combat le concept
 - **[nano DC Plus-value]** « [Les nanotechnologies] enclenchent des transformations irréversibles portant atteinte à l'identité même de l'humanité. »
 - investit les concepts
 - **[Nano DC Risque]** « Les nanoparticules doivent être considérées et manipulées comme des matières dangereuses. »
 - **[Risque DC information du public]** « Les Verts préconisent l'instauration de débats publics permanents et d'informations complètes des élus »

- [Risque DC Réglementation] « Il est donc impératif qu'un texte cadre puisse fournir les définitions nécessaires ainsi que les conditions d'application des réglementations »

Nous pouvons tenter de placer sur un graphique ces différentes positions, en fonction de deux facteurs : l'acceptation ou non d'une réglementation, et un avis favorable ou non au développement des nanotechnologies. C'est ce que montre la figure n°10.

Cette disposition graphique permet de retrouver les sept groupes définis auparavant, comme autant de postures prises dans l'espace sémantique. L'annexe 1 récapitule, pour chaque acteur, à quel groupe il appartient. Gardons à l'esprit qu'il s'agit d'une prise de position lors d'un débat donné, et qu'un acteur peut, en fonction de ses prises de position, changer de groupe au cours du temps. Cette représentation montre aussi l'importance des concepts [Nano DC Plus-value] et [Nano DC Risque] comme positions pilotes pour se situer dans l'espace sémantique (l'idée de risque étant sous entendue dans le concept de réglementation). Ces deux concepts clés, découverts grâce à tout ce travail, seront repris dans le guide technique à destination des enseignants. Les élèves n'auront en effet pas à refaire toutes ces analyses. Ils pourront simplement évaluer la position des acteurs en fonction de ces deux positions.

Figure n°10 - Position des acteurs selon la réglementation et le développement des nanotechnologies

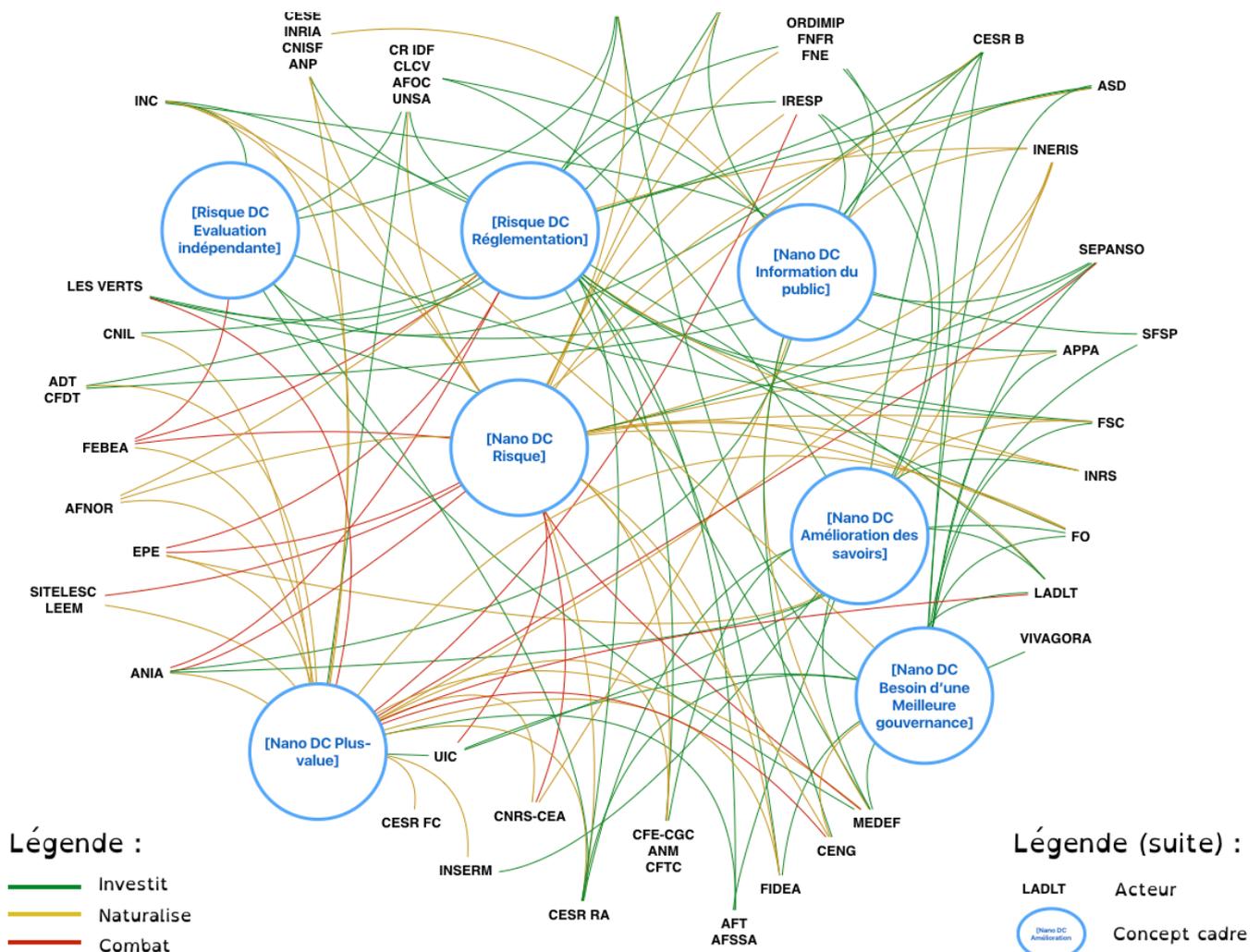


5.4. L'analyse cartographique de la controverse

Une analyse cartographique sert, le plus souvent, à réduire la complexité d'un sujet, notamment en structurant les informations qui le composent (Hervé 2014). Et c'est bien dans cet objectif que nous tentons ici de cartographier la controverse sur les nanoparticules. Représenter par une carte conceptuelle l'ensemble des positions des acteurs du débat public français sur les nanoparticules (plus de cinquante acteurs différents), le tout sans outil cartographique spécifique et avec un rendu exploitable, paraît illusoire. Toutefois, sans atteindre un degré de complexité trop important, il est possible de représenter graphiquement les positions assimilées par tous les acteurs (figure n°11). Cette figure apporte en effet des informations intéressantes qu'il convient d'analyser.

Tout d'abord la position centrale des notions de risque et de plus-value est mise en évidence, venant confirmer l'idée précédemment établie de positions pilotes. Ensuite le caractère clivant de ces deux concepts [Nano DC Plus-value] et [Nano DC Risque] apparaît clairement. A la fois naturalisées, investies et combattues, ces deux positions sont assimilées par la quasi-totalité des acteurs de la controverse (entre 80 et 90% environ). On note également que certains concepts ne sont absolument pas combattus ([Nano

Figure n°11 - Cartographie de la controverse des nanoparticules
(débat français de 2009-2010)



DC Information du public], [Nano DC Information du public], [Nano DC Amélioration des savoirs]). Peut-être est-ce une façon de les identifier comme des concepts périphériques ?

Enfin on peut définir certains acteurs en fonction des opérations d'assimilation qu'ils réalisent. Par exemple des acteurs comme AFNOR ou INERIS prennent toujours position en présentant un concept comme un fait, un postulat. Certains acteurs (CNISF, UNSA, SFSP...) investissent toutes leurs positions et les proposent au débat, tandis que d'autres (EPE, FEBEA) rejettent des positions établies par d'autres acteurs.

Cette méthode, si elle ne permet pas de mettre en oeuvre ici toutes les analyses possibles, met bien en évidence certains éléments décrits avec la méthode de l'analyse sémantique. Elle montre également l'importance du corpus, car l'intérêt de cet outil est en grande partie lié à la taille de l'échantillon analysable. La cartographie produite est alors beaucoup plus représentative de la controverse. C'est donc un moyen supplémentaire d'appréhender une controverse, où l'essentiel du travail consistera à organiser la complexité afin de mieux la comprendre. Ce travail est jugé parfaitement transposable en classe et vient nourrir le guide technique élaboré dans ce mémoire.

Conclusion

Nous venons de voir qu'il existe plusieurs niveaux de compréhension de la structure de l'espace sémantique de la controverse sur les nanotechnologies. Les deux méthodes d'analyse étudiées montrent les relations entre les différentes positions assimilées dans l'espace sémantique. Ainsi les acteurs se construisent publiquement, cela permet donc de mieux les définir et de mieux définir leurs adversaires. Ce travail nous donne de précieuses informations permettant d'ajuster l'outil pédagogique proposé en partie 7. Des moyens informatiques supplémentaires sont toutefois indispensables pour pouvoir aller plus loin dans le traitement des données et gérer la multiplicité des acteurs.

6. Discussion

Les analyses réalisées ici montrent que dans l'espace sémantique des nanoparticules ou des nanotechnologies, on retrouve des tensions entre certains points de vue préfigurant des positions prises par les acteurs. Nous sommes donc bien en présence d'une controverse telle que définie par Lescano (2015). Bien que cette controverse existe depuis longtemps (Lenglet 2014), il apparaît nécessaire d'en comprendre l'origine. Nous verrons alors également pourquoi la controverse n'est pas près de s'éteindre et comment elle interroge le rapport entre la science et l'espace social. L'ensemble des éléments discutés dans cette partie permettent :

- De mieux comprendre les origines de la controverse (Partie 6.1) ;
- D'alimenter le débat entre les élèves (Partie 6.2) ;
- D'aider les élèves à justifier ou argumenter des prises de position (Partie 6.2) ;
- De mieux comprendre les processus de construction des sciences (Partie 6.3) ;
- De développer la prise de décision autonome (Partie 6.3).

Ils servent donc directement le travail de l'enseignant soucieux de mieux comprendre la controverse sur les nanotechnologies. Ils peuvent aussi permettre d'interroger les élèves ou de prolonger le débat (exemple : la position du CNRS dans la partie 6.3). Ces réflexions apportent donc des éléments essentiels pour l'élaboration du guide technique à destination des enseignants et qu'il convient de maîtriser avant toute action pédagogique.

6.1. UNE CONTROVERSE NAÎT D'UN MANQUE DE DIALOGUE

LE DÉBAT PUBLIC EST UN ÉCHEC

De nombreuses positions prises dans l'espace sémantique de la controverse et analysées dans le cadre de ce travail montrent un besoin de mieux informer le public :

- « *Nous demandons que le débat public national sur les nanotechnologies soit prolongé par de nouveaux débats publics* » ASD
- « *Les Verts préconisent l'instauration de débats publics permanents et d'informations complètes des élus* » LES VERTS
- « *Il faut prendre le temps du débat démocratique, inventer de nouvelles formes de participation citoyenne qui pèsent effectivement sur les décisions* ». CENG

Ces acteurs investissent le concept [Nano DC Information du public] alors même qu'ils sont dans un espace d'information, puisque ces positions sont prises lors du débat public instauré par la loi Grenelle du 03/08/2009 et organisé par la CNDP (commission nationale du débat public). Cela montre bien, comme le fait également Marano (2016), l'échec relatif de cette opération. Ce que souligne également l'association AVICENN qui dénonce un « débat inutile » (AVICENN 2016).

Cet échec est imputé par Marano à une opposition radicale: « les opposants considèrent que le débat est inutile. [...] Selon eux, dialoguer c'est déjà accepter. Cette radicalité a amené les chercheurs à se replier, ils ont alors évité de communiquer sur leur travail. » (2016, page 103). Lintz quand à elle explique l'échec par un « manque d'information préalable au débat. En son absence, les échanges ont tendance à se dérouler entre spécialistes, loin de nos concitoyens et de leurs préoccupations. De plus, le débat public n'a apporté que des réponses scientifiques et non pas éthiques. Cette erreur est une des causes

de l'échec du débat public. » (2014, page 105). « On se trouve donc face à deux mondes qui ne veulent pas se parler, les pros et les antis » (idem, page 104)

D'autres acteurs de la controverse expliquent l'échec du débat par un manque de transparence :

- « *Les Ingénieurs et Scientifiques de France proposent[...] d'assurer la plus grande transparence, pour répondre aux interrogations des citoyens* » CNISF
- « *En ce domaine, la transparence, l'ouverture et le pluralisme des comités d'experts doivent s'imposer* » FMSD

Certains acteurs médiatiques naturalisent cet échec, comme le montre la prise de position suivante autour du développement d'un nanopôle à Grenoble : « Grenoble est le centre français des nanotechnologies. Elles s'y développent par une alliance sans faille entre l'Etat, les entreprises et le Commissariat à l'Energie Atomique. Qui ont réussi à avancer sans que les citoyens prennent conscience de ce que représente cette voie technologique. » (AVICENN 2016)

CAR LES ACTEURS NE SE COMPRENNENT PAS

Au delà d'une absence de discussion liée à des positions radicales anti-dialogue, on peut expliquer l'échec du débat par une cause plus profonde, qui tient directement à une incompréhension entre des acteurs qui pourtant essaieraient de se parler.

« Les scientifiques parlent donc. Mais dans quelle langue ? » s'interroge J.M. Lévy-Leblond (1996). Cette question montre que la communication publique du chercheur a lieu dans sa propre langue. En effet « la vulgarisation se conçoit comme communication à sens unique, de l'élite savante vers la masse du public, devenu récepteur passif d'un savoir qui ne le concerne plus » (Stengers, I., & Bensaude-Vincent, B., 2003). On s'interroge alors sur le rôle de la communication scientifique : « s'agit t'il d'appivoiser et séduire la cible, ou d'une médiation qui met en risque la science communiquée ? » (idem). Edgar Morin va plus loin encore lorsqu'il affirme qu'il y a un « aveuglement paradigmatique autour de la connaissance scientifique » (2014, page 19). Il montre que la communication scientifique provoque un isolement des champs de la science et parle alors d' « intelligence aveugle » (idem). Lorsque le public est reconnu comme partie prenante de la science, c'est avant tout pour être « pris à témoin ». La science a banalisé la distinction entre les experts et les profanes, « limitant ainsi le champ où les citoyens peuvent exercer leurs droits (problème de démocratie) avec l'arrivée de chargés de communication pour expliquer au public les choix faits sans lui, au nom de l'intérêt général ou de la nation » (Stengers, I., & Bensaude-Vincent, B., 2003). Ce que certains acteurs du débat mettent directement en évidence lorsque ils naturalisent ou investissent le concept ([Nano DC Besoin d'un meilleure gouvernance]. Exemple : « *Devrait-on laisser une application technologique [...] s'imposer au point de changer fondamentalement la vie de la société ? N'est-ce pas à la société [...] de décider ?* » FSC.

On peut également proposer une autre cause pouvant expliquer l'incompréhension. En effet, comme l'a montré D.M Kahan (2015), on croit plus facilement des éléments qui vont dans le sens de nos croyances ou qui ne remettent pas en cause notre position sociale. Si cette théorie explique bien l'investissement ou le combat de certains acteurs dans des concepts qui leur seraient favorables ou défavorables, elle peut aussi être une cause de cette incompréhension, un acteur choisissant de ne pas entendre ce qui risque de modifier ou perturber son groupe social. C'est ce que font les acteurs de la controverse classés dans la

catégorie Pro+ (Partie 5) en naturalisant le concept [Nano DC Plus-value]. En donnant une forme factuelle à leur énoncé, ils ne reconnaissent pas la légitimité des interlocuteurs qui seraient contre, donc ils interdisent la possibilité de combattre sa position, *in fine* de remettre en cause leur propre position sociale.

Lescano (2016) explique quand à lui que « l'absence de communication [...] dérive plutôt du fait que les opérations effectuées par les discours ne visent pas un interlocuteur ou un auditoire, mais l'espace sémantique ». Ce que Maingueneau (2011) appelle le caractère non-focal d'une formation discursive et Foucault (1966) la dimension unifocale d'une formation discursive. Pour Latour (1989), le fait qu'une place de plus en plus importante soit accordée à la rhétorique en science empêchent les anti de trouver un interlocuteur contre qui se dresser : celui qui travaille dans le laboratoire, ou celui qui finance cette recherche ?

Cette incompréhension entre les acteurs de la controverse devient alors source de ce qu'Edgar Morin appelle la « mutation inouïe dans la connaissance : celle-ci est de moins en moins faite pour être réfléchi et discutée par les esprits humains » (2014, page 20). Il parle alors d'obscurantisme scientifique, de « massive et prodigieuse ignorance » (Idem).

BILAN

Si Charaudeau (2015) montre que le dialogue s'instaure notamment en fonction de la possibilité de prendre la parole, le rapport instauré entre les interlocuteurs et les thématiques abordées, force est de constater que nous sommes ici dans une situation d'échec car « la qualité de l'intercompréhension est très faible, chacun s'exprime dans sa propre langue et ne comprend pas l'autre » (Castagne 2016). Donc on peut dire qu'il n'y a pas de dialogue et rejoindre alors la définition que fait Angenot (1988) de la controverse : un dialogue de sourd. Cette définition m'ayant intéressé, j'ai creusé cette idée et trouvé dans les travaux de T.K Holcomb (2016), qui a écrit sur la culture sourde, un parallèle intéressant. En décrivant les relations entre la communauté des personnes sourdes et la communauté des personnes non-sourdes, il montre que les règles qui régissent ces relations sont tacites, que les membres ont des attentes qui ne sont pas nécessairement écrites dans les règlements, que ces règles n'ont pas été débattues et votées, mais qu'elles sont généralement comprises et acceptées. Peut-être le manque de règles explicites est la cause du manque de dialogue et de l'échec du débat qui nous concerne ? Ou peut-être est-ce simplement parce que les différentes positions sont assimilées dans des langues différentes ? C'est en tout cas ce que montre la demande de certains acteurs : « Nous souhaitons une diffusion très large dans un langage accessible à tous, et sur tous les supports (presse, radio, TV, Internet...). » CR IDF

C'est Edgar Morin (la voie, 2011) qui résume l'enjeu d'une controverse : « la démocratie participative [...] peut prendre la forme de débats publics [...] pour soumettre aux citoyens des projets prêtant à controverse » (page 68). Mais « la démocratie participative, faite pour retrouver une vitalité citoyenne, ne peut susciter automatiquement des citoyens actifs et bien informés » (page 68). Ce qui nécessite un dialogue permanent dans une langue comprise de tous. Pour autant, cela suffirait-il à arrêter une controverse ?

6.2. LA CONTROVERSE SUR LES NANOTECHNOLOGIES NE S'ÉTEINDRA PAS

Il existe un grand nombre de raisons expliquant pourquoi la controverse sur les nanoparticules n'est pas prête de s'arrêter. En voici quelques-unes.

LA RADICALISATION DES POSITIONS

Comme le montre Charaudeau (2015), « tout événement sémantique n'est pas normé à l'avance mais contraint ». Et ces contraintes sont plus ou moins bien acceptées par les différents acteurs du conflit. La position du collectif Pièce et Main d'oeuvre, qui ne s'est pas prononcé dans les cahiers d'acteurs mais qui a gêné le déroulement des débats grenoblois est un exemple.

Cette idée se prolonge dans les travaux de Dorothée Benoît Browaeys (2010), qui montre que les crises sociales liées aux sciences (OGM) soulèvent la contestation (de plus en plus radicale) d'un développement non maîtrisé, par crainte de ses effets biologiques mais aussi sur les liens sociaux. Elle montre que la contestation s'étend alors à la fois sur les conséquences en matière de santé mais aussi sur le système de gouvernance. L'association AVICENN interroge le rôle des médias dans cette radicalisation en montrant que la question des nanoparticules est traitée sous l'angle « sensationnaliste, relayant les promesses et les dangers sans nécessairement donner les éléments de contexte ou sans recul » (2016, page 47)

Lescano (2016) propose la même approche lorsqu'il explique la controverse par l'usage de la naturalisation « énoncer un fait, c'est mettre en tort la parole concurrente ». Ces propos sont confirmés par l'analyse sémantique faite dans le cadre de ce travail. En effet, 31 des 39 acteurs qui ont assimilé le concept pilote [Nano DC Plus-value] l'ont naturalisé (soit près de 80%). Or il s'agit là d'une position radicale prise dans l'espace public, comme nous avons pu le voir précédemment.

Il convient alors de s'interroger sur les conséquences de cette radicalisation (outre le fait de maintenir vive la controverse) : peut-être, comme le montre Amossy (2011) : « la polémique est un acquis important pour le monde démocratique » bien qu'elle n'aboutisse « qu'exceptionnellement à un accord ». Elle permet en réalité aux citoyens d'exister dans un espace public.

LE DOUTE DEMEURE SUR LES EFFETS DES NANOPARTICULES

Louis Laurent et Jean-Claude Petit, dans leur ouvrage de 2007 « Les nanotechnologies doivent-elles nous faire peur ? », identifient trois types de craintes au sujet des nanoparticules : i) l'usage malveillant des découvertes, ii) la perte de contrôle des applications et iii) le sentiment que la science et la technique vont trop loin et transgressent les lois naturelles. Ces craintes sont donc fondées principalement sur l'incertitude. Or, alors qu'elle est une des sources même de la controverse, la plupart des auteurs s'accordent sur l'aspect structurel de cette incertitude sur les effets des nanoparticules sur la santé ou l'environnement. Badouard & Mabi (2015) expliquent ainsi que les acteurs défendent des opinions « que l'état actuel de la connaissance scientifique ne permet pas de trancher ». En partie parce que les connaissances sont fragmentées, nécessitant une compréhension plus globale. D'après Morin (2014, page 31), « l'incertitude est au coeur de la science et on ne peut pas l'éliminer ».

Et même si, comme le dit Maestrutti « les positionnements des acteurs sont destinés à évoluer en fonction de l'évolution des connaissances » (2016, page 122), les chercheurs peinent à évaluer la dangerosité des nanoparticules (Cérou M., 2016).

Les craintes sont aussi fondées sur des scandales sanitaires (Médiateur, sang contaminé) qui ont marqué l'opinion française car elles ont montré que « les procédures d'autorisation de mise sur le marché des médicaments, pourtant strictes et longues, se révèlent insuffisantes à long terme. » (Lintz 2014, page 98). De nouveaux scandales sont donc à craindre, ravivant la controverse. Elles sont aussi basées sur « notre expérience avec d'autres technologies (qui) montre que les sociétés, une fois engagées dans une voie spécifique, peuvent avoir de grandes difficultés à faire machine arrière » (AVICENN 2016, page 55).

L'AFSSET résume bien cette notion de doute lorsqu'elle déclare : « Face aux incertitudes actuelles sur les risques associés à l'exposition des professionnels aux nanomatériaux, l'AFSSET préconise l'adoption d'un système de prévention des risques » .

PROBLÈME DE GOUVERNANCE ET DE DÉNI DE DÉMOCRATIE

Si la démocratie devient pédagogie et « se résume à faire accepter au peuple que ceci ou cela est nécessaire » (Stengers, I., & Bensaude-Vincent, B., 2003), alors on peut penser que le développement des nanoparticules confortent l'idée d'Angenot (1988) lorsqu'il définit l'hégémonie comme des règles et impositions légitimantes. Les nanoparticules et leur caractère hégémonique interrogent en effet la démocratie, d'où les opérations effectuées en faveur d'une meilleure gouvernance. Certaines agissent sur l'espace sémantique pour qu'une meilleure gouvernance favorise le développement des nanoparticules (exemple : « une volonté [...] de mettre en œuvre de bons principes de gouvernance, adaptés au développement des nanotechnologies », UIC) tandis que d'autres espèrent ainsi limiter leur diffusion : « Sous prétexte d'innovation, les pouvoirs publics financent en priorité la recherche appliquée, pour de nouvelles technologies, asséchant tous les fonds au détriment d'autres explorations qui pourraient être plus utiles socialement » (LADLT).

LES NANOPARTICULES CONTINUENT DE SE DÉVELOPPER

Il peut apparaître de nouvelles propositions de lois ou de décrets en fonction des accords commerciaux. Par exemple, l'utilisation des nanomatériaux dans les produits agroalimentaires est un élément de négociation important du traité de libre échange transatlantique (Desfilhes 2014). Et l'Etat français (Programme Nano2017) ainsi que l'Union Européenne (programme Horizon 2020) continuent à l'heure actuelle à financer les activités de recherche appliquée dans ce domaine.

LA SOCIÉTÉ EST À LA RECHERCHE DE VÉRITÉ

Comme le dit Pierre Barthélémy (2013), « La science est aussi une agora dans laquelle chacun soumet ses arguments aux critiques des autres avec l'espoir qu'en débattant, on percevra mieux le visage de la vérité. » Sauf que cette vérité est difficile à trouver, puisque même la définition des nanotechnologies n'est pas consensuelle. Il est donc difficile de développer des débats, une éthique et une vérité sur un sujet mal défini. Il existe toutefois des lanceurs d'alerte (associations, politiques), comme par exemple l'association Agir pour l'environnement (Lefèvre S., 2016) qui fait ses propres investigations et publie les

résultats, alimentant ainsi la controverse à la recherche de vérité. Et le débat « ne s'éteindra pas tant que certains acteurs diront des mensonges. Or, parce qu'ils sont complexes, les faits d'environnement sont, lorsqu'ils sont plongés dans le chaudron de la conversation, parmi les plus vulnérables au mensonge » (Foucart 2016). En voici un exemple avec la prise de position de l'Union des Industries Chimiques (dans le débat de 2010 et analysée dans ce travail) : « Des études poussées ont pu être réalisées pour évaluer les impacts sanitaires et environnementaux de certains nanomatériaux utilisés à l'échelle industrielle depuis plusieurs dizaines d'années. Elles n'ont pas fait apparaître de danger avéré pour l'homme. » Cet acteur ne peut à ce moment là ignorer les études montrant le danger de certaines nanoparticules et ce, dès 2006 (Lenglet 2014, Marano 2016). Et ce phénomène touche désormais le processus législatif et réglementaire lui-même, puisque sur d'autres sujets la Commission européenne a élaboré ses propres éléments de preuves pour éviter une réglementation trop sévère de ces substances dangereuses (Horel 2016).

Peut-être que les véritables enjeux ne sont pas de rechercher la vérité mais de défendre des valeurs morales ? Ou peut-être que « la vérité fonctionne dans les sociétés occidentales comme une valeur » (Soler, 2000) ?

LA POSITION PARADOXALE DES FABRICANTS

« Plus un domaine des technosciences semble ésotérique, plus exotérique doit être le recrutement de ceux qui la soutiennent » dit Latour (1989). Les positions assimilées par les acteurs favorables aux nanos vérifient cette théorie : près de la moitié des acteurs investissant ou naturalisant le concept [Nano DC Plus-value] font la même chose avec le concept [Nano DC Information du public]. Il n'en va pas de même avec les acteurs appartenant à la catégorie des entreprises fabricantes. Sur ces huit acteurs (ayant tous naturalisée l'idée de plus-value), un seul investit le concept [Nano DC Information du public] et un seul le naturalise. On est donc loin de l'idée de Latour où les fabricants feraient tout pour créer du débat au nom du « participer c'est accepter ». Cette réticence peut s'expliquer de deux façons: « Les entreprises communiquent moins par crainte d'un impact négatif sur la vente de leurs produits » (Marano 2016, page 111), ou bien parce que « l'existence d'un débat n'assure jamais la disparition d'une opposition ou d'une critique » (Maestrutti 2016, page 120)

LE GRAND PUBLIC S'INTERROGE

Face au décalage existant entre enjeux pratiques et débat théorique (Jacquard 1988), l'opinion public présente des difficultés à prendre position. Il ressent le besoin de participer au débat : « sur des sujets tels que OGM, ce n'est plus une discipline qui intervient, c'est un ensemble de discipline qui produit un faisceau d'arguments. A partir de là, le public a aussi une voix à apporter » (J. Testard in Journo D. 2016, à 13'15"). Mais il craint également d'être trop crédule face aux discours scientifiques et politiques : « Les nanotechnologies se sont donc imposées au grand public grâce à des discours promettant une révolution scientifique et industrielle [...]. Leur cas montre de manière spécifique le rôle du régime des promesses (autant industrielles que politiques et sociales) dans les processus d'innovation technologique contemporains » (Maestrutti 2016 Page 14). La position de l'Académie des Sciences et Technologies dans ce débat (voir annexe 3) conforte cette idée : « La figure de Drexler est alors utilisée pour opposer la valeur aléatoire d'une vision fictionnelle, prophétique et irréaliste des nanotechnologies à une attitude plus rationnelle, capable d'évaluer avec pondération les potentialités d'une technologie (Maestrutti 2011, page 35).

C'est donc « la société civile qui impulse les débats, les met à l'ordre du jour » (J. Testard in Journo D. 2016 à 6'30") tout en s'interrogeant.

BILAN

La controverse sur les nanoparticules est donc liée à des conflits éthiques entre les acteurs, des divergences d'analyse entre les différents niveaux sociétaux et une contradiction entre les champs d'application d'un même nano-objet (exemple : utiliser une nanotechnologie pour soigner mais qui peut avoir d'autres conséquences négatives sur le corps). La liste grandissante d'associations qui prennent position et/ou se mobilisent (AVICENN 2016) montre le développement de la controverse en France. Bien que les controverse « ont probablement toujours existé car elles surgissent dès que la démarche scientifique bouscule les connaissances établies, elles ont évolué : alors qu'elles restaient confinées au sein de la communauté de savants; elles concernent de plus en plus le grand public. Sans doute parce que le délai entre les avancées de la science et leur mise en oeuvre s'est considérablement raccourci » (Michel Alberganti in Journo D. 2016 à 0'40"). Sans doute aussi parce que tout le monde se sent concerné (Charaudeau 2015) : la controverse sur les nanoparticules, qui au départ ne concernait que le monde scientifique et technique, est passée dans le champ social. Enfin, la controverse ne s'éteindra pas parce que « la science se fonde à la fois sur le consensus et sur le conflit » (Morin, E. 2014, page 139).

6.3. LES NANOPARTICULES INTERROGENT LES RELATIONS ENTRE LA SOCIÉTÉ ET LA SCIENCE

Il existe en France depuis 2007 l'Institut des hautes études pour la science et la technologie (IHEST). Sa mission est « de participer au renouvellement du rapport de confiance entre science et société » (Chevallier-Le Guyader F. 2015, page 22). Il s'occupe aussi d'animer le débat public autour du progrès scientifique et technologique et de son impact sur la société (www.ihest.fr). Le rapport de Marie-Françoise Chevallier-Le Guyader président à la création de cet Institut montre que « cet Institut devra contribuer à renouveler le rapport de confiance entre la société et la science dans un contexte marqué par une inquiétude, voire une remise en cause de certaines évolutions scientifiques et techniques » (idem). Nous pouvons ici tenter d'expliquer, à l'aide de notre travail sur la controverse des nanoparticules, les raisons de cette défiance de l'opinion publique à l'égard de la communauté scientifique.

LES PRATIQUES SCIENTIFIQUES ÉVOLUENT

L'idée générale est que la science a évolué avec le développement de contrats et de brevets. La littérature abonde de questions autour de cette orientation de l'activité de recherche potentiellement source de conflits d'intérêts (Maxim & Arnold 2015, Lenglet 2014, Nathalie Kosciusko-Morizet, 2008, Lintz 2014). Cette relation de subordination entre l'économie capitaliste et la science contemporaine paraît récente même si B. Latour et S. Woolgar montraient, dès 1983, que la question du crédit est la question cruciale de la carrière du chercheur, ou de l'équipe de recherche. De plus, la recherche publiée fonctionne comme la recherche privée (sauf délais et débouchés), avec tendance à effacement des frontières, d'où

de fréquentes mobilités entre les deux. Cela favorise les identités hybrides de certains chercheurs, qui augmente encore le scepticisme (Stengers, I., & Bensaude-Vincent, B., 2003).

« L'avènement de la techno-science implique par ailleurs que la séparation entre science pure et science appliquée ainsi qu'entre science et technique devient de plus en plus floue et induit comme conséquence que les enjeux éthiques s'adressent dès lors aussi aux chercheurs eux-mêmes » (Lintz 2014 page 60). La science s'est progressivement éloignée de l'éthique dans le sens où on observe une disjonction entre la vitesse de développement de la science et la vitesse de compréhension des conséquences éthiques de cette même science (Morin 2004). Cette situation conduit les scientifiques ou des associations citoyennes (AVICENN 2016) à en appeler à la responsabilité des biologistes qui ne perçoivent pas forcément les conséquences de leurs travaux. Morange (2016) prenant l'exemple de l'eugénisme dans les années 30 contre lequel peu de scientifiques ne se sont opposés. Marano rappelle également qu'il existe un « code de bonne conduite édicté par l'Union Européenne sur les nanosciences qui en appelle à la responsabilité de la recherche » (2016, page 108).

L'enjeu pour Badouard et Mabi (2015) est de s'interroger sur les pratiques des scientifiques qui en situation de controverse « peuvent abandonner leur posture d'observateur neutre pour s'engager et prendre position » On peut prendre ici l'exemple du CNRS, qui semblent vouloir garder une position neutre lorsqu'il déclare « les comités d'éthique, les chercheurs en sciences sociales et les instances juridiques et politiques doivent réfléchir aux nouvelles questions posées » (MORET 2006, page 84) mais qui, dans le débat étudié ici, prend clairement position en naturalisant le concept [Nano DC Plus-value] : « Les bénéfices sont évidents, comme l'amélioration du bien-être et de la santé ».

Il s'agit donc, par l'analyse du discours, « d'en saisir les enjeux : le discours vise-t-il une vulgarisation sans arrière pensée et sert-il à la réflexion sociale et éthique ? Ou bien vise-t-il une politique d'acceptabilité par le consommateur et devient-il alors un outil de marketing ? » (Lintz 2014 page 76).

Selon Marano, c'est donc à la société de poser ces question et s'interroger sur « les apports et les risques de dérive de la recherche et de ses applications » (2016, page 108).

LE PUBLIC INTERROGE LA SCIENCE

Selon B. Germann (2016, page 66), « La science n'a pas pour vocation de faire du bien à l'humanité », puisqu'elle tente simplement de décrire et comprendre le monde qui nous entoure. Or « l'image, qui remonte à Platon, d'une population frivole, influençable, un véritable troupeau de mouton appelant les experts qui le guident » est en recul (Latour, B. 2007). « Le statut de la science a changé également parce que le statut du chercheur et de l'expert a évolué dans un sens négatif. Ils ont perdu une partie de leur crédibilité à la suite de plusieurs scandales sanitaires ou environnementaux dont nous ne mesurons pas encore toutes les conséquences (amiante, Médiator). Le chercheur et l'expert sont devenus « suspects » aux yeux du grand public qui cultive une position ambivalente vis-à-vis de la science et du progrès » (Lintz 2014 page 64).

On trouve d'un côté un public qui est effrayé par la communauté scientifique qui parle de multiples langages. Lintz (2014) montre comment le discours scientifique sur les nanos présente des liens entre science et théologie, se rapprochant ainsi des positions transhumanistes précisément décrites par J.P.

Lebrun (2009). En effet, le discours transhumaniste propose un monde où l'impossible n'a plus sa place (prétention universalisante, éradication de la souffrance, transgression des limites...), comme le montre la position prise (dans le débat étudié ici) par l'Association Française Transhumaniste : «le développement des nanotechnologies est souhaitable dans la mesure où il participe à l'augmentation des possibilités de l'humanité, où il contribue à perpétuer son existence et sa pensée ». Sur les nanoparticules, le discours scientifique et le discours transhumaniste se rapprochent du discours théologique, concourent ainsi à la perte de crédibilité des chercheurs et aux craintes du grand public. Enfin, la science se discrédite puisque une controverse donne à penser que la science est fragile aux yeux de la société civile, qu'elle n'est plus « le foyer de la vérité », engendrant ainsi un rapport de force entre elle et l'opinion publique.

De l'autre côté, on retrouve le même public qui a envie de se tourner vers la science. Qu'importe si c'est le goût pour la fiction qui ouvre un espace de débat public et de questionnement (Maestrutti (2011). Car, comme le dit Jean-michel Beignet (In Journo D. 2016), « une controverse est une possibilité pour le public d'objecter à la science dogmatique. Si les scientifiques avouent que leur pratique nécessite discussion, alors le public veut discuter avec elle ». « La controverse est alors mise en culture, mise en espace public résultant de la prise au sérieux de la discussion scientifique » (idem). L'objectif étant de trouver, grâce au dialogue, des éléments permettant d'alimenter la réflexion, de mettre en lumière « les modèles d'argumentation des différentes positions en cause ainsi que les dilemmes » (A. Trousson, 2003). J.M. Lévy-Leblond va encore plus loin dans cette idée en proposant une critique de science portant la réflexion au coeur de l'activité scientifique (1996).

BILAN

« La relation science-société est très complexe parce que la science [...] campe au coeur de la société. Même s'il est difficile d'en percevoir les interactions, la science diffuse son influence sur la société mais en subit l'organisation structurelle » (Morin 2014 page 150). « Les chercheurs auront alors à apprendre que la construction d'un monde commun exige certes leurs savoirs, mais que la signification de ces savoirs dépend de manière cruciale de leur capacité à rencontrer d'autre savoirs » (Stengers, I., & Bensaude-Vincent, B., 2003).

Il faut donc « instituer un nouveau rapport entre la science et la société en considérant que les citoyens y ont pleinement leur place » (Marano 2016 page 111). Car la controverse apparaît comme une pratique usuelle du dialogue savant, une partie constitutive des activités scientifiques. Elle aurait donc une fonction heuristique.

Il faut enfin garder à l'esprit que « la société n'en veut pas spécialement aux chercheurs et à la technique en elle-même qu'ils ont développé, mais aux usages qui en sont fait » (Worms in bionanoéthique 2008).

6.4. LES LIMITES DE MON ANALYSE

Même si le nombre d'acteurs étudiés permet de mieux cerner l'articulation des positions autour de l'espace sémantique, il convient de rester prudent sur les analyses présentées dans la partie 5 de ce travail, pour les raisons suivantes :

- Les influences politiques et des lobbies sur les acteurs de la controverse n'ont pas été étudiées alors qu'elles peuvent modifier des opérations d'assimilation. Peut-être que les positions prises par les agences publiques sont influencées par l'Etat et reflètent sa position.
- Je me suis limité aux unités topiques (Maingueneau 2011), autrement dit aux acteurs qui avaient produit un cahier d'acteur. Je n'ai pas analysé les acteurs ayant participé au débat d'une autre façon (exemple : l'acteur Pièces et Main d'oeuvre) car leurs positions d'alors ayant été relayées par les médias, je craignais de ne retrouver dans ces médias qu'une partie incomplète de la position de cet acteur, sans connaître le filtre utilisé par le média.
- Les analyses sont basées sur un échantillon non exhaustif. Il manque en effet deux acteurs majeurs de la controverse en France : l'Union Européenne et l'Etat français. C'est un choix délibéré lié au fait que ces deux acteurs jouent à la fois le rôle d'arbitre de la controverse mais aussi un rôle en tant qu'acteur. Il me paraissait difficile alors de comprendre quel rôle se « cachait » derrière chaque prise de position sans alourdir le travail d'analyse.
- Le débat, conduit entre 2009 et 2010 en France, ne reflète que des positions assimilées par les acteurs à ce moment là. Cela m'empêche d'étudier et d'analyser des changements de position, mais cela m'empêche aussi d'analyser l'influence des discours sur les autres discours prononcés dans l'espace sémantique.

CONCLUSION

Dans une controverse, l'éthique s'élabore par le biais d'échanges d'arguments pour parvenir à terme à un consensus sur la validité d'une norme (Habermas 1992). Nous avons pu constater que la controverse sur les nanoparticules nous place en partie dans ce cadre, mais les limites de l'analyse montrent qu'une partie des échanges ont eu lieu en dehors de ce cadre. Si la partie cinq nous a montré que la controverse se cristallisait autour de deux concepts clés (l'idée de plus-value et l'idée de risque), la partie six nous montre aussi l'importance de l'usage qui sera fait des nanoparticules. Or « la question des usages renvoie à la question des fins qui elles-mêmes supposent un rappel des sources de la moralité, du politique et des traditions d'une pays » (Pelluchon 2010 page 446). Cela nécessite donc une réforme de la pensée pour sortir du binaire mal/bien, bénéfiques/risques (Morin 2011), mais aussi une réforme sociale pour redéfinir les valeurs et les enjeux accordés au travail scientifique. L'outil pédagogique que je propose dans la partie suivante s'appuie sur tout ce travail d'analyse et peut donc contribuer à cela.

7. Un outil d'analyse pour les enseignants

Enseigner n'est pas seulement « faire acquérir la connaissance et la pratique de quelque chose » à un individu (Encyclopédie Universelle). Il s'agit aussi de « développer un usage critique et raisonné de l'expertise et une participation démocratique aux débats publics » (Albe 2009b). Parler de la controverse sur les nanotechnologies développe la compréhension de l'imbrication des questions de sciences et de société et s'inscrit pleinement dans les missions de l'enseignement définies par l'arrêté du 13 juillet 2016 (www.chlorofil.fr). C'est aussi une manière de développer la compréhension entre les humains, qui est la « condition et le garant de la solidarité intellectuelle et morale de l'humanité » (Morin 1999).

7.1. ASPECTS THÉORIQUES

Aucune filière de l'enseignement agricole (formation initiale professionnelle, technologique et générale) ne présente dans ses référentiels officiels de formation et de diplôme un mot commençant par « nano ». Et pourtant, il semble assez facile d'intégrer la controverse des nanotechnologies dans la plupart des filières. Le tableau de l'annexe 6 rassemble justement, pour une grande part des formations de l'enseignement agricole, les parties de référentiel pouvant inclure la controverse comme objet d'étude et/ou de formation des apprenants. Et comme on peut le voir, beaucoup de modules d'enseignement général ou de spécialité doivent permettre aux élèves d'acquérir des compétences en matière :

- d'autonomie face à la prise de décision (4^{ème}-3^{ème}, CAP, Bac S)
- de préservation de sa santé (4^{ème}-3^{ème}, BP, Bac techno)
- d'identification des risques professionnels (CAP, BEPA, BP, BPA, 2nde Pro, BTSA)
- d'analyse des impacts de sa pratique sur l'environnement et la santé des autres (BPA, BTSA)
- d'analyse des enjeux sociétaux et environnementaux des biotechnologies (2nde Pro, Bac Pro, Bac Techno, Bac S, BTSA).

On voit donc que les référentiels de l'enseignement agricole sont articulés de façon à éduquer les apprenants à la critique raisonnée de la science, à la prise de décision démocratique, aux enjeux éthiques des nouvelles techniques. Les biotechnologies en général, et les nanotechnologies en particulier, sont un excellent support pour cela, il convient donc de comprendre pourquoi.

Une question socialement vive (QSV) est une question qui est vive dans la société, dans les savoirs de référence et dans les savoirs scolaires (Legardez 2006). La controverse sur les nanotechnologies est une question socialement vive si on reprend cette définition, puisqu'actuellement elle interroge les modèles pédagogiques de référence. Et c'est l'actualité qui pousse cette thématique dans le champ scolaire. Dès les années 90 est évoquée la nécessité d'une réflexion collective autour des sciences à laquelle participeraient tous les citoyens, car ils sont tous concernés. Ce qui implique un effort d'information d'une ampleur nouvelle, en premier lieu à l'école. (Jacquard 1987).

Il est intéressant d'enseigner une QSV car elle permet i) d'acquérir des connaissances, de développer des réflexions éthiques, sociales et politiques, ii) d'exercer des capacités d'analyse, de réflexion, d'argumentation, et iii) parce qu'elle permet de mettre en oeuvre des comportements d'écoute des autres, de respect des points de vue divergents, d'acceptation du doute et de l'incertitude... (VST 2007, Simmoneaux et Simmoneaux 2014). Il y a une dimension éducative dans l'enseignement des QSV qui est importante (Albe 2009a, Hervé 2012, Hervé, Venturini et Albe 2013, Simmoneaux et Calmettes 2013),

particulièrement celles traitant d'environnement, de technosciences et de développement durable (Simmoneaux 2007).

Le développement d'un rapport de défiance (Albe 2009b) est une mutation majeure dans les relations entre technosciences et sociétés. Dans ce cadre, enseigner les QSV basées sur des découvertes scientifiques (biotechnologies, OGM, nanotechnologies) permet « d'engager les élèves à débattre et argumenter en classe » (idem), donc de mieux comprendre les processus de construction des sciences. Un exemple récent de mise en place d'une expérimentation sur les nanotechnologies en classe de terminale montre que cela a permis de « mettre les élèves en situation de chercheurs » (Panissal 2010) et de les aider à mieux « comprendre les interactions science-société » (idem).

7.2. DESCRIPTION DE L'OUTIL

L'enseignement des controverses bouscule les pratiques pédagogiques existantes car il « nécessite de nouvelles formes scolaires pour atteindre son objectif qui est d'éduquer le citoyen aux nouvelles formes de régulations sociales d'un monde technoscientifique » (Hervé, 2012).

Je propose en annexe 7 un guide technique à destination des enseignants et formateurs souhaitant aborder cette controverse avec leurs élèves. La méthodologie retenue se déroule en trois étapes :

- une analyse des discours
- une cartographie de la controverse
- un débat

L'analyse de discours reprend la méthodologie employée dans ce mémoire. On se base sur les cahiers d'acteurs produits lors du débat de 2009-2010. Chaque élève doit :

- 1a. Repérer dans chaque cahier d'acteur la position soutenue par rapport aux deux concepts clés de la controverse (la notion de plus-value et la notion de risque).
- 1b. Classer les acteurs selon qu'ils soutiennent ou combattent l'idée de plus-value et l'idée de risque et créer des groupes d'acteurs ayant une position similaire.

Dans un deuxième temps, il peut :

- 2a. Rechercher dans les cahiers d'acteur la position par rapport à la réglementation.
- 2b. Construire un graphique présentant en abscisse la position par rapport à l'idée de plus-value et en ordonnée la position par rapport à la réglementation, et y placer les 51 acteurs.
- 2c. Identifier grâce au graphique et aux textes les groupes d'acteur ayant une position similaire.

Suivre ces deux étapes permet à des élèves de lycée de réduire la complexité de la controverse puisqu'au lieu de 51 positions différentes, ils vont les classer dans 5-7 groupes d'acteurs partageant la même opinion sur des idées clés. Et l'outil cartographique leur aura permis « d'explorer et de visualiser la complexité » (Venturini 2008, Hervé 2014). Mais la cartographie ne permet pas d'acquérir des capacités de prise de décision (Hervé 2014). Il faut donc une troisième étape (un jeu de rôle puis un débat) pour former les élèves à la prise de décision, à l'écoute des autres, à l'acceptation du doute.

Pour cela, les élèves vont d'abord travailler en petits îlots comprenant autant d'élèves que de groupes d'acteurs identifiés dans l'étape précédente. Chaque élève va alors présenter à ses camarades la position d'un groupe d'acteur. Puis il devra, en argumentant, convaincre ses camarades que la position qu'il a

présentée est la meilleure (c'est la partie jeu de rôle). Dans un deuxième temps, les élèves débattent ensemble en défendant cette fois leur position personnelle (c'est la partie débat).

Il faut garder à l'esprit que le débat en lui-même ne permet pas d'aborder un sujet de façon neutre ou objective, puisque « les prises de position sur les questions technoscientifiques ne peuvent se fonder uniquement sur des savoirs scientifiques » (Albe 2005). Interviennent alors les valeurs culturelles et sociales des individus (Albe 2005, Kahan 2015).

Mais son intérêt est grand puisqu'il permet à l'élève de développer un certain nombre de compétences :

- L'analyse critique de la construction des savoirs (Simmoneaux et Albe 2008) ;
- La prise de décision argumentée (Simmoneaux 2001) ;
- L'argumentation (Simmoneaux 2003).

Enfin, il est essentiel de contextualiser ce travail à partir d'une situation que les élèves peuvent rencontrer dans leur vie quotidienne. Cela permet un plus fort engagement dans les activités.

L'outil créé pour les enseignants et formateurs donne des pistes de compréhension d'une controverse, et permet de mieux définir ce que sont les nanoparticules. C'est un outil amené à être discuté par ses lecteurs et utilisateurs afin de le faire évoluer. Il ne s'agit pas d'un mode d'emploi clé-en-main, mais plutôt d'un guide pour mieux comprendre comment aborder ce sujet en classe, charge ensuite aux enseignants intéressés d'en inventer la formulation plus précise (volume horaire, disciplines, forme du rendu). Celle-ci étant trop dépendante des contraintes propres à chaque établissement et à chaque enseignant, nous ne pouvons ici décider d'une forme définitive à donner à cet outil.

7.3. PISTES POUR ENRICHIR L'OUTIL PÉDAGOGIQUE

Parmi les nombreuses pistes disponibles pour que les enseignants puissent personnaliser leur enseignement, nous pouvons réutiliser les éléments analysés dans les parties cinq et six de ce mémoire.

POUR COMPLÉTER OU PROLONGER L'ANALYSE DE TEXTE

La partie 5 de ce mémoire montre que chaque acteur assimile différents concepts plus ou moins reliés les uns aux autres. Un enseignant, pour prolonger la réflexion des élèves, peut leur proposer de lister tous les autres concepts assimilés par un acteur. Cela leur permet d'appréhender une autre forme de complexité, non pas liée au nombre d'acteurs mais au nombre de positions prises par l'acteur. Pour réduire cette complexité, il peut être intéressant de leur faire refaire le travail visible dans la figure n°6, en leur laissant cette fois inventer un mode de représentation graphique. On peut également proposer d'identifier, parmi toutes les positions assimilées par un acteur choisit préalablement, les points de clivage et les points de convergence entre deux positions. On leur fait donc déterminer les relations de tension et de solidarité, comme nous avons pu le faire par exemple en figure n°8. On peut également leur proposer, à partir de l'analyse de deux ou trois acteurs préalablement sélectionnés, d'identifier les points de blocage et les points de convergence entre les acteurs. Là encore si ce travail se rapproche de ce que montre le graphique n°9 il s'agira de laisser les élèves inventer leur propre charte graphique.

On le voit il s'agit, pour compléter le travail initial, de prolonger les analyses en augmentant leur niveau de complexité. Soit en détaillant plus une position d'acteur et tous ses concepts assimilés, soit en comparant les positions de quelques acteurs en elles.

POUR COMPLÉTER OU PROLONGER L'ANALYSE CARTOGRAPHIQUE

Il s'agira là aussi, pour prolonger le travail des élèves, de complexifier le travail réalisé dans le premier temps et présenté dans la partie 5. On peut proposer aux élèves de réaliser un deuxième graphique avec cette fois d'autres concepts, et tenter de retrouver les groupes d'acteurs identifiés dans le premier graphique. Cet exercice est intéressant car il peut montrer que la logique de l'acteur peut être étudiée de plusieurs façons différentes et permettra quand même le définir toujours le même positionnement global. Cela peut aussi montrer les rapprochements entre certains groupes ou certains acteurs auparavant différenciés. Une façon là encore d'aborder la complexité du jeu d'acteurs d'une controverse.

POUR COMPLÉTER OU PROLONGER LE JEU DE RÔLE ET LE DÉBAT

La partie 6 de ce mémoire rassemble un certain nombre d'analyses qui peuvent enrichir le travail réalisé avec les élèves, et servir de support à des approfondissements pédagogiques. On peut par exemple proposer aux élèves, en amont ou en aval de l'utilisation de l'outil, de mieux comprendre les origines des controverses. On sélectionnera alors des productions d'acteurs mettant en avant le fait que le débat public est un échec (exemples : ASD, LES VERTS, CENG) afin de leur faire identifier ce concept et mieux comprendre l'origine de la controverse. L'enseignant peut, toujours dans cet objectif, travailler sur les problèmes de compréhension entre deux personnes ou deux communautés, à travers les usages de la langue et des outils de communication. Cela s'applique particulièrement bien dans le cadre d'une séance de pluri.

Pour compléter l'outil pédagogique et conclure l'activité d'enseignement après les débats, il peut être intéressant d'utiliser des éléments de la partie 6 pour expliquer aux élèves que le débat ne se résoudra pas dans la classe comme dans la société. A travers des morceaux choisis parmi les productions d'acteurs, on peut alors donner des pistes de réflexion sur la radicalisation des positions de certains acteurs (la position du collectif Pièce et Main d'oeuvre peut alors être étudiée), sur les incertitudes liées à l'usage des nanotechnologies (positions d'AVICENN, de l'AFSSET). Pour alimenter le débat et donner des arguments supplémentaires aux élèves (et se conformer ainsi aux référentiels pédagogiques), on peut les amener à discuter certaines prises de positions d'acteurs montrant les problèmes de gouvernance et de démocratie (UIC, LADLT), s'appuyer sur les programmes actuels de développement des nanotechnologies à l'échelle française (programme Nano2017) et européenne (programme Horizon 2020), et travailler autour de la position du grand public (recherche bibliographique par les élèves ou sur travail sur des textes préalablement sélectionnés par les enseignants). On peut enfin développer avec les élèves une analyse sémantique des positions des fabricants dans cette controverse (qui dans leur grande majorité ne souhaitent pas développer l'information autour de leurs produits).

Tous ces éléments de réflexion supplémentaires viennent étayer le travail préalable tel que décrit dans l'outil pédagogique présenté en annexe 7. ils s'agit de pistes additionnelles, non obligatoires, pouvant améliorer la capacité des élèves à justifier ou argumenter des prises de décision lors du jeu de rôle et du débat.

On peut également, selon les affinités des enseignants avec ces travaux et la réceptivité des élèves, compléter l'outil en travaillant sur la compréhension des processus de construction des sciences. Des éléments bibliographiques supplémentaires seront alors requis pour montrer l'évolution des pratiques scientifiques et l'évolution du regard de la société sur les sciences en général. Là encore, ce travail additionnel et non obligatoire doit permettre aux élèves d'améliorer leur capacité à prendre des décisions de façon autonome.

On le voit, toutes ces analyses apportent aux élèves des éléments de réflexion supplémentaires et des moyens pour mieux comprendre la controverse. Ils permettent aussi d'améliorer l'acquisition des compétences. Mais il paraît illusoire de vouloir utiliser tous ces outils à la fois, c'est pourquoi la liberté pédagogique est laissée à l'enseignant dans le guide technique. Chacun pourra alors développer, en fonction de ses affinités avec le sujet, de sa discipline et en fonction du niveau et de la motivation des élèves. L'outil présenté en annexe sept permet de toute façon l'acquisition des capacités telles que souhaitées dans les référentiels.

7.4 LIMITES ET AVANTAGES DE CET OUTIL

Une première analyse critique de cet outil met en évidence certaines de ses limites. La capacité des élèves à appréhender ce sujet dépend beaucoup de la contextualisation et de la situation de départ. Il peut donc être difficile, pour un enseignant débutant dans l'étude de cette controverse, de trouver l'angle d'approche qui saura mobiliser les élèves. La maturité intellectuelle des élèves lors du débat peut aussi poser question, même si l'expérience montre que des élèves de toutes les classes de lycée et de BTS sont capables de réaliser très sérieusement ce genre d'activités.

On s'intéresse à la controverse à un moment donné (le moment du débat de 2009-2010), dans un espace donné. Les élèves peuvent légitimement s'interroger sur l'ancienneté des sources et les remettre en question. On peut contourner cela en demandant aux élèves de réactualiser les positions des acteurs concernés si on dispose du temps pour le faire. Cela peut alors être une bonne base de réflexion autour de l'évolution des positions au cours du temps. Cela permettrait enfin de compenser ce qui pourrait apparaître comme une autre faiblesse de cet outil, à savoir l'absence de recherche bibliographique par les élèves au début du travail (puisque les cahiers d'acteurs sont tous téléchargés au départ par l'enseignant).

La question de la conclusion de ce travail reste posée, même si certaines pistes sont données dans la partie 7.3. De plus, les capacités acquises lors de ce travail sont difficilement mesurables, il semble compliqué d'en évaluer l'acquisition. C'est en effet quelques années après que les résultats sont perçus, et on pourra alors difficilement savoir si c'est grâce à ce travail ou d'autres que la compétence a été acquise.

Enfin, nous pouvons nous interroger sur la pertinence ou non de la production écrite autour de ce travail. Il me semble plus judicieux de donner des cours de restructuration aux élèves (qui formeront alors la trace écrite de ce travail) plutôt que de leur demander de rédiger un compte-rendu des débats. La cartographie sera elle une production qu'il sera intéressant de conserver. Les cours de restructuration peuvent concerner les compétences intellectuelles, langagières et sociales à développer lors d'un débat, des éléments de connaissance physique et biologique sur les nanoparticules ... Cela dépendra à encore de

la contextualisation donnée à ce travail. Une situation professionnelle autour du danger de respirer des nanoparticules au travail peut être un support pour amener des connaissances sur les perturbateurs endocriniens ou encore le fonctionnement de l'appareil respiratoire par exemple.

Mais cet outil, volontairement simplifié afin de ne rendre disponible à un plus grand nombre d'enseignants, présente un certain nombre d'avantages. La réalisation des deux premières étapes permettent tout d'abord de détacher l'élève de sa propre opinion. C'est un moyen pour lui d'aborder une controverse et un sujet socialement vif sans être emporté par des sentiments personnels. Un moyen donc d'éviter, lors de la troisième partie, l'effet de leader ou de position dominante. En effet, dans cette dernière partie tout le travail fait auparavant de construction de l'argumentation va positivement influencer l'élève qui va alors, avant de s'exprimer, l'intégrer dans sa prise de position qui sera alors plus argumentée et moins radicale.

La proposition pédagogique formulée en annexe sept permet de rendre les élèves relativement autonomes. Il y a fort à parier en effet qu'à partir de l'analyse cartographique, un certain nombre d'apprenants cherchent par eux-même à définir des groupes d'acteurs et à comparer leurs positions. Et que les éléments d'analyse présentés en partie six de ce mémoire soient pour les élèves des éléments de réflexion qu'ils prendront instinctivement en compte. Les parties jeu de rôle et débat, lorsqu'elles sont bien préparées en amont comme c'est le cas dans notre proposition, servent aussi grandement l'acquisition de l'autonomie par les élèves, qui sont alors capables de se réguler eux-même dans ce genre d'activité.

Un autre avantage est le temps que l'on peut consacrer à ce travail, qui peut être réalisée en deux séances de plus de 3 heures. Il peut aussi être réalisé en un an, comme un fil rouge qui commencerait dès le mois de septembre et se terminerait en mai, avec au fil des mois les activités qui seraient réalisées par différents enseignants, en fonction des programmes des uns et des autres.

Enfin, la situation de départ, proche des préoccupations des élèves ou d'une situation professionnelle caractéristique de leur futur métier, permet la rencontre avec des acteurs de la société pouvant être concernés par cette problématique. De quoi améliorer encore le caractère concret de ce travail.

7.5 PERSPECTIVES PROFESSIONNELLES

Je souhaite utiliser rapidement, dans ma carrière d'enseignant, l'outil pédagogique proposé ici. Mes préférences personnelles vont vers un travail pluridisciplinaire, qui dépend donc de mes collègues, mais qui me semble plus riche que le même travail réalisé uniquement dans le cadre d'une matière enseignée, quelle qu'elle soit. Je souhaite également faire la promotion de cet outil, afin de multiplier les retours d'expérience et d'en affiner les modalités. Je ne souhaite pas proposer de version plus complète (volumes horaires notamment) car cela me semble inutile, chaque enseignant faisant en fonction de sa propre progression pédagogique et s'adaptant au niveau de ses élèves.

Conclusion

Suite au travail d'analyse (parties 5 et 6), un guide technique a été créé. Il fournit des outils et des pistes pour mieux comprendre et enseigner la controverse sur les nanotechnologies. Il est destiné à tout enseignant de lycée ou formateur souhaitant découvrir ce sujet. Il préconise une méthode d'analyse qui est imparfaite car elle ne se base que sur les acteurs ayant fait part de leur position lors du débat de 2009-2010. Mais son avantage est de pouvoir s'appliquer en l'état à d'autres questions socialement vives (OGM, brevetage du vivant, ...). Elle peut être appliquée dans le cadre d'une séance pluridisciplinaire ou avec une seule discipline. Elle ne nécessite pas de matériel particulier. Le guide donne donc quelques clés simples pour travailler sur ce thème avec les élèves, la méthode pouvant être ajustée en fonction des besoins et des élèves.

8. Conclusion

La recherche fondamentale à l'échelle nanométrique et les applications utilisant les nanotechnologies existent depuis près de cinquante ans. Pourtant, ce n'est qu'à la fin du 20^{ème} siècle qu'elles vont faire l'objet d'une controverse. Les premiers évènements discursifs sont produits aux USA et ne concernent au départ que les scientifiques, ces derniers se répondant entre eux sur les perspectives développées par E.K. Drexler dans son livre. A partir de la fin des années 90, avec les premiers programmes publics de financement des nanotechnologies, le débat se déplace dans l'espace public et devient donc une controverse sociétale (Partie 2).

Au même moment (et les nanotechnologies y ont probablement contribué) se développe dans le grand public une certaine défiance vis-à-vis de la recherche scientifique. Et les référentiels de diplômes font apparaître, là encore depuis le début des années 2000, le besoin d'acquérir, chez les élèves, des compétences en matière de prise de décision, d'argumentation, d'écoute, et d'acceptation de l'incertitude scientifique.

Le travail réalisé ici montre comment, à partir d'un corpus déterminé (Partie 4) l'étude de la controverse sur les nanotechnologies peut être un bon support pour remplir les objectifs pédagogiques des référentiels de diplômes. En effet les analyses réalisées (Partie 5) montrent les relations entre les différentes positions assimilées dans l'espace sémantique. Ainsi les acteurs se construisent publiquement, cela permet donc de mieux les définir et de mieux définir leurs adversaires. Ce travail nous donne de précieuses informations permettant aux élèves de mieux comprendre les origines de la controverse, d'alimenter le débat entre les élèves, d'aider les élèves à justifier ou argumenter des prises de position, de mieux comprendre les processus de construction des sciences ou encore de développer la prise de décision autonome.

Si la partie cinq nous a montré que la controverse se cristallisait autour de deux concepts clés (l'idée de plus-value et l'idée de risque), la partie six nous montre aussi l'importance de l'usage qui sera fait des nanoparticules. Elle fournit des éléments de compréhension sur l'origine de la controverse, mais aussi son développement et sa résolution éventuelle. Elle participe enfin à la réforme sociale pour redéfinir les valeurs et les enjeux accordés au travail scientifique. L'outil pédagogique que je propose dans la partie sept s'appuie sur tout ce travail d'analyse et cette discussion pour fournir des outils et des pistes pour mieux comprendre et enseigner la controverse sur les nanotechnologies. Il propose de réutiliser les méthodes employées ici en les simplifiant afin de les rendre accessibles aux lycéens.

Il pourrait être intéressant d'en étudier l'application et les principes méthodologiques sur d'autres questions socialement vives (OGM, brevetage du vivant, ...). C'est en tout cas mon ambition.

9. Liste des figures

Figure n°1 - Page 8 - Comparaison des tailles d'objets, d'après CVC 2006.

Figure n°2 - Page 8 - Différentes formes de nanoparticules, d'après Marano 2016.

Figure n°3 - Page 10 - Fonctionnement du microscope à balayage à effet tunnel.

Figure n°4 - Page 11 - Logo IBM construit avec 35 atomes de xénon.

Figure n°5 - Page 20 - Les différents acteurs de la controverse.

Figure n°6 - Page 21 - Représentation des positions assimilées par un acteur.

Figure n°7 - Page 22 - Les deux représentations d'une même opération discursive.

Figure n°8 - Page 22 - Relations de tension et de solidarité entre les positions d'un acteur.

Figure n°9 - Page 25 - Points de blocage et de convergence entre acteurs.

Figure n°10 - Page 27 - Position des acteurs selon la réglementation et le développement des nanotechnologies.

Figure n°11 - Page 28 - Cartographie de la controverse des nanoparticules (débat français de 2009-2010).

10. Signification des acronymes utilisés

ADN : acide désoxyribonucléique

Bac S : baccalauréat scientifique

BEPA : Brevet d'étude professionnelle Agricole

BP : Brevet professionnel

BPA : Brevet professionnel agricole

BTSA : Brevet de Technicien Supérieur Agricole

CAP : Certificat d'aptitude professionnelle

CIA : Central Intelligence Agency

CNDP : Commission nationale du débat public

COV : Composé organique volatil

DC : Donc

EHESS : Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales

ETC : Environmental Technology Centre (Canadian government agency)

IBM : International Business Machines Corporation

IHEST : Institut des hautes études pour la science et la technologie

NBIC : nanotechnologies (N), biotechnologies (B), sciences de l'information (I) et sciences cognitives (C)

NNI : National Nanotechnology Initiative

NOAA : Nano-Objets manufacturés, leurs Agrégats et Agglomérats

NOx : oxydes d'azote

OGM : Organisme génétiquement modifié

PEN : Project on Emerging Nanotechnologies

PT : Pourtant

PUFS : Particules extra-fines

QSV : Question socialement vive

STAV : Sciences et technologies de l'agronomie et du vivant

STM : Scanning Tunnelling Microscope

UE : Union européenne

USA : United States of America

UV A et B : Ultra-violet A et B

La signification des acronymes correspondant à des acteurs de la controverse est donnée en annexe 1.

11. Bibliographie

OUVRAGES ET RAPPORTS

Albe, V. (2009a). Enseigner des controverses. Rennes: Presses Univ. de Rennes.

AVICENN (Association), & Detcheverry, M. (2016). Nanomatériaux et risques pour la santé et l'environnement: soyons vigilants! Gap: éditions Yves Michel.

Carenco, S. (2012). Développons les nanomatériaux! : Fabrication, opportunités et gestion du risque. Paris: Éditions Rue d'Ulm.

CVC. Centre de vulgarisation de la connaissance. (2006). Nanomonde: Des nanosciences aux nanotechnologies. Paris: CNRS.

Foucault, M. (1969). L'archéologie du savoir (Repr). Paris: Gallimard.

Foucault, M. (1966) Les mots et les choses, Paris, Gallimard

Germann, B. (2016). Apports de l'épistémologie à l'enseignement des sciences enseignements primaire et secondaire. Paris: Éditions matériologiques.

Holcomb, T. K. (2016). Introduction à la culture sourde. Toulouse : ERES.

Jacquard, A., (1988). Les scientifiques parlent. Paris: Hachette.

Kosciusko-Morizet N. (2008), « Nanomatériaux et nanotechnologies : développer les connaissances et partager le savoir pour prévenir les risques », Dossier Nanotechnologies : science et conscience, La Revue de la Fondation pour l'innovation politique, 2050, Paris, Presse Universitaire de France PUF, N° 7 avril 2008, p. 15-18.

Kuhn, T. S. (2008). La structure des révolutions scientifiques. Paris: Flammarion.

Latour, B., & Woolgar, S. (1983). La vie de laboratoire: la production des faits scientifiques. Paris : La Découverte.

Latour, B. (1989). La science en action : introduction à la sociologie des sciences. Paris: Ed. La Découverte.

Latour, B., & Biezunski, M. (1996). La vie de laboratoire: la production des faits scientifiques. Paris: La Découverte.

Latour, B. (2007). L'espoir de Pandore: pour une version réaliste de l'activité scientifique. Paris: Ed. la Découverte.

Laurent, L., & Petit, J. C. (2007). Les nanotechnologies doivent-elles nous faire peur ? Paris: Ed. Le Pommier.

Lebrun, J.-P. (2009). Un monde sans limite. Toulouse: Érés.

Lenglet, R. (2014). Nanotoxiques: une enquête. Arles: Actes Sud.

Lévy-Leblond, J. M. (1996). La pierre de touche: la science à l'épreuve--. Paris: Gallimard.

Maestrutti, M. (2011). Imaginaires des nanotechnologies: mythes et fictions de l'infiniment petit. P a r i s : Vuibert.

Maestrutti, M. (2016). Notre société sera-t-elle nanotechnologique? Paris: Le Pommier.

Marano, F. (2016). Faut-il avoir peur des nanos? Paris: Buchet-Chastel.

Morange, M. (2016). une histoire de la biologie. Paris: Éditions du Seuil.

Moret R. (2006), Nanomonde. Des nanosciences aux nanotechnologies, Paris, CNRS éditions, Centre de Vulgarisation de la Connaissance, coll. Nature des sciences, 2006,

Morin, E. (1999). Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur. Paris: Seuil.

Morin, E. (2011). La voie: pour l'avenir de l'humanité. Paris: Fayard.

Morin, E. (2014). Introduction à la pensée complexe. Réédition de l'ouvrage de 1990, Edition du Seuil.

Pelluchon C. (2010), Ethique et médecine. Repères philosophiques pour un usage responsable des nanotechnologies, in Lahmani M., Marano F. et Houdy P. (dir.), Nanotoxicologie et nanoéthique, Editions Belin.

Roure, F. (2010). Des nanotechnologies à la biologie de synthèse. Paris: Éd. Eska.

Schulenburg, M. & al. (2004). La nanotechnologie: l'innovation pour le monde de demain. Luxembourg: EUR-OP.

Soler, L. (2000). Introduction à l'épistémologie. Paris: Ellipses édition marketing.

Stengers, I., & Bensaude-Vincent, B. (2003). 100 [Cent] mots pour commencer à penser les sciences. Paris: Les Empêcheurs de penser en rond.

Worms F. (2008), La question des usages et le moment des nanotechnologies, In Bernadette BENSAUDE-VINCENT, Raphaël LARRERE, Vanessa NUROCK, dir., Bionano-éthique. Perspectives critiques sur les bionanotechnologies,, Paris, Vuibert, coll. « Machinations », 2008

ARTICLES SCIENTIFIQUES

ALBE, V. (2005). Positions d'étudiants et d'étudiantes sur une question techno-scientifique controversée : la dangerosité des téléphones cellulaires. *Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, vol 5, n°3, 361-376.

Albe V. (2009b), L'enseignement des controverses socio-scientifiques. Quels enjeux sociaux, éducatifs et théoriques ? Quelle mises en forme scolaires ? *Revue Education & didactique*, 2009, Vol. 3, n°1, pages 45-76.

Amossy R. (2011). « La coexistence dans le dissensus ». *Semen [En ligne]*, 31/2011, mis en ligne le 01 avril 2011. Consulté le 28 novembre 2016. URL : <http://semen.revues.org/9051>

Angenot M. (1988). « Pour une théorie du discours social : problématique d'une recherche en cours ». In: *Littérature*, n°70, 1988. M éditions du social, recherches actuelles, pp. 82-98.

Badouard R., Mabi C. (2015). « Introduction », *Hermès, La Revue* 2015/3 (n° 73), p. 11-14.

Benoit-Browaey D (2010), « Promesses et craintes des nanotechnologies », *Revue ETUDES*, Paris, Mars 2010, N° 4123, p.319-330

Bodenmann S., Rey A.-L. (2013) « La guerre en lettres : La controverse scientifique dans les correspondances des Lumières », *Revue d'histoire des sciences*, 2/2013 (Tome 66), p. 233-248.

Castagne E. (2016), *Partager la diversité pour mieux s'entendre*, TDC n°1106 (01/11/2016).

Charaudeau P. (2015), « La situation de communication comme fondatrice d'un genre : la controverse », In Monte M. et Philippe G. (dir.), *Genres et textes. Déterminations, évolutions, confrontations*, Presses universitaires de Lyon, 2014, pp. 49-57.

Châteauraynaud F. (2009). Les figures de l'incertitude dans les controverses publiques autour des risques collectifs , *Retranscription de la communication au séminaire RISCO*, Toulouse, 28 /11/2008. http://www.gspr-ehess.com/?option=com_content&view=article&id=75:francis

Dascal, M. (1998). « Types of polemics and types of political moves ». In S. Cmejrkova, J. Hoffmannova, O. Müllerova, and J. Svetla (eds), *Dialogue analysis VI (= Proceeding of the 6th Conference, Prague 1996)*, vol. 1. Tübingen : Max Niemeyer, 15-33.

Habermas J. (1992), *De l'éthique de la discussion*. Traduit de l'allemand par Mark Hunyadi, Paris, Cerf, collection « Passages », In: *Genèses*, 11, 1993. *Patrie, patrimoine*, sous la direction de Robert Salais.

Hervé N. (2012). *Analyses de pratiques d'enseignement de savoirs de la physique stabilisés (l'énergie) et controversés (le changement climatique)*. Education. Université Toulouse Le Mirail - Toulouse II, 2012

Hervé N., Venturini P., Albe V. (2013). Enseigner un savoir stabilisé et une controverse socio-scientifique, quelles différences et similitudes ? Exemple d'une pratique ordinaire d'enseignement en physique. *Dossier des Sciences de l'Education*, 2013, 29, pp.45-66

Hervé, N. (2014). Cartographier des controverses pour apprendre la complexité des technosciences : l'étude des gaz de schiste en lycée agricole. *Revue francophone du développement durable*, 4, 155-170.

Kahan, D.M. (2015). Climate-Science Communication and the Measurement Problem: Climate-Science Communication and The Measurement Problem. *Political Psychology*, 36, 1-43. <https://doi.org/10.1111/pops.12244>

Lescano A. (2013). « stéréotypes, représentations sociales et blocs conceptuels », *Semen* [En ligne], 35/2013, mis en ligne le 22 avril 2015, consulté le 16 novembre 2016. URL : <http://semen.revues.org/9835>

Lescano A. (2015), « Sémantique de la controverse : analyse d'un fragment du discours de Simone Veil à l'Assemblée nationale en 1974 », *Argumentation et Analyse du Discours* [En ligne], 15 | 2015, mis en ligne le 15 octobre 2015, Consulté le 06 janvier 2017. URL : <http://aad.revues.org/2048>

Lescano A. (2016), A propos de la construction des positions dans les conflits sociaux : une approche sémantique, Texte légèrement élargi de la communication présentée aux Journées d'étude "Linguistique et écrit, 2 : l'énonciation", 24 et 25 novembre 2016, EHESS, Paris

Legardez, A. (2006). Enseigner les questions socialement vives. Quelques points de repères. In A. Legardez & L. Simonneaux (coord.). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives* (pp. 19-31). Paris: ESF.

Lintz P. (2014), *Analyse et enjeux éthiques des nanotechnologies en médecine : temps et discours, approche éthique systémique : double discours, approche psychanalytique : complémentarité des discours entre science et théologie*. Psychologie. Université Paul Valéry - Montpellier III, 2014.

Maingueneau, D. (2011). Pertinence de la notion de formation discursive en analyse de discours. *Langage et société*, 135(1), 87. <https://doi.org/10.3917/lis.135.0087>

Maxim L., Arnold G. (2012), Comment les conflits d'intérêts peuvent influencer la recherche et l'expertise. *Hermès*, n° 64, p. 48-59.

Murillo A. & al, (2013), Comment un outil devient instrument d'enseignement. Le cas d'une carte heuristique. Actes du congrès de l'Actualité de la Recherche en Éducation et Formation (AREF), Universités de Montpellier, Juin 2013

Panissal N., Brossais E. et Vies C. (2010), « Les nanotechnologies au lycée, une ingénierie d'éducation citoyenne des sciences », *RDST* [En ligne], 1 | 2010, mis en ligne le 15 septembre 2012, consulté le 20 décembre 2016. URL : <http://rdst.revues.org/253>

Pascal, B., Ferreyrolles, G., & Sellier, P. (2000). *Pensées*. Paris: Libr. Générale Française.

Simonneaux J. (2001), Des situations-débats pour développer l'argumentation des élèves sur les biotechnologies : compte-rendu d'innovation, In Didaskalia n°19, 2001, pages 127-157.

Simonneaux, J. (2007). Les enjeux didactiques des dimensions économiques et politiques du développement durable. *Ecologie & politique*, 34(1), 129. <https://doi.org/10.3917/ecopo.034.0129>

Simonneaux J., Calmette, B. (2013). L'enseignement et l'éducation scientifiques face aux risques et aux incertitudes contemporaines – Approches didactiques, *Dossier des Sciences de l'Éducation*, 29, 7-13

Simonneaux L. (2003), L'argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée, In revue *Aster* n°37 - *Interactions langagières* (2003), pages 189-214.

Simonneaux, L. et Albe, V. (2008). Types et domaines d'arguments utilisés dans des débats socio-scientifiques. Dans C. Buty et C. Plantin (dir.), *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage* (p. 117-191). Lyon : INRP

Simonneaux, L. & Simonneaux, J. (2014). Panorama de recherches autour de l'enseignement des Questions Socialement Vives. *Revue francophone du Développement durable*, 4, 109-126

Trousseau A. (2003), Entre le mythe de l'âge d'or et celui de l'apprenti sorcier, Extrait de l'almanach 2003 édité par Agrobiosciences, n°134.

Venturini T. (2008), La cartographie des controverses, Communication au colloque Carto 2.0 (Paris, 03/04/2008).

VST (Veille scientifique et technologique), (2007), L'enseignement des questions vives : lien vivant, lien vital, entre école et société ? *Lettre d'information de la VST* n°27 (mai 2007)

RESSOURCES EN LIGNE ET ARTICLES DE PRESSE

Barthélémy P. (2013), Peut-on censurer au nom de la science ? Article du 26/09/2013 du blog *Passeurs de science*. Consulté le 13 mars 2017 à l'adresse <http://passeurdesciences.blog.lemonde.fr/2013/09/26/peut-on-censurer-au-nom-de-la-science/>

Bécard T. (2010), Pourquoi la nano-parano? (1267830000). Consulté 25 décembre 2016, à l'adresse <http://www.telerama.fr/monde/pourquoi-la-nano-parano,53236.php>

Cérou M. (2016), Nanomatériaux, les incertitudes demeurent, Article dans le magazine *Process alimentaire* n° 1338, Juillet-Août 2016.

Chevallier-Le Guyader F. (2015), Faire de la science un enjeu de culture : quel prérequis ? Article de la revue *Culture et recherche* n°132 (automne-hiver 2015-2016).

Chevassus-au-Louit N. (2011), « Nous construisons des outils pour évaluer les controverses », Entretien avec Bruno Latour, *Magazine La recherche*, N°456 (Octobre 2011).

Desfilhes P. (2014), Nanomatériaux: le gouvernement français veut les introduire dans l'alimentation. (s. d.). Consulté 15 novembre 2016, à l'adresse <https://reporterre.net/Nanomateriaux-le-gouvernement-francais-veut-les-introduire-dans-l-alimentation>

Foucart S. (2016), Aux racines (vertes) de la post-vérité, Consulté le 28/12/2016 à l'adresse http://abonnes.lemonde.fr/idees/article/2016/12/26/aux-racines-vertes-de-la-post-verite_5053914_3232.html

Horel S. (2016), Perturbateurs endocriniens : la fabrique d'un mensonge, Consulté le 29/11/2016 à l'adresse http://abonnes.lemonde.fr/planete/article/2016/11/29/perturbateu...ns-la-fabrique-d-un-mensonge_5039862_3244.html#xtor=AL-32280270

Lefèvre S., 2016, Des nanoparticules s'imposent en secret dans les aliments. (s. d.). Consulté 15 novembre 2016, à l'adresse <https://reporterre.net/Des-nanoparticules-s-imposent-en-secret-dans-les-aliments>

Le Hir P. (2016), Des nanoparticules dans nos assiettes. (s. d.). Consulté 15 novembre 2016, à l'adresse http://www.lemonde.fr/planete/article/2016/06/15/des-nanoparticules-dans-nos-assiettes_4950584_3244.html

DICTIONNAIRES ET ENCYCLOPÉDIES

Nimmo, C. (2017), Le petit Larousse illustré (Édition 2017).

Collectif (1985), Le petit Larousse illustré - dictionnaire encyclopédique pour tous, Editions Larousse

Encyclopædia universalis (2012) Paris: Encyclopædia Universalis

Wikipedia (2017) : encyclopédie en ligne, à l'adresse www.wikipedia.fr

Rey, A. & al., (2012). Dictionnaire historique de la langue française. Paris: Le Robert.

TELEVISION ET RADIO

Olivier J. (2015), Nanotechnologies : la révolution invisible. Film de 52 minutes. Diffusé sur ARTE le 31/08/2016.

Journo D. (réalisateur) (2016), A quoi servent les controverses scientifiques ? Emission Science publique de Michel Alberganti diffusée le 13/05/2016 sur France Culture.

12. Annexes

Annexe 1 - Liste des acteurs du débat de 2009-2010 en France.

Annexe 2 - Liste des Cahiers d'acteurs (produits lors du débat de 2009-2010 en France).

Annexe 3 - Analyse sémantique des cahiers d'acteurs.

Annexe 4 - Ensemble des opérations d'assimilation réalisées par les acteurs.

Annexe 5 - Ensemble des concepts-cadre et sous-concepts.

Annexe 6 - Analyse des référentiels de l'enseignement agricole (au 15/12/2016).

Annexe 7 - Guide technique à destination des enseignants.

Annexe 1

Les acteurs du débat de 2009-2010 en France

(4 pages)

Acteurs du débat public en France en 2009-2010

Rappel des éléments d'explication sur le positionnement des acteurs: différentes catégories ont été créées, chacune regroupant un type de posture publique dans l'espace sémantique de la controverse. L'acteur est affecté à un groupe en fonction des opérations d'assimilation relevées dans son discours.

- Pro + (soutiennent sans réserves le développement des nanotechnologies)
- Pro - (soutiennent le développement des nanotechnologies tout en préconisant des normes ou réglementations)
- Neutre + (affichent une position neutre mais un avis favorable au développement des nanotechnologies)
- Neutre (affichent une position neutre)
- Neutre - (affichent une position neutre mais un avis défavorable au développement des nanotechnologies)
- Anti + (S'opposent au développement des nanotechnologies sauf si certaines conditions sont respectées)
- Anti - (S'opposent sans réserves au développement des nanotechnologies)

Acteur	Type d'acteur	Rôle	Positionnement	Principaux éléments de langage
Académie des Sciences (ADS)	Agence publique	Structure publique qui se consacre au développement des sciences	Pro +	Toxicité potentielle, éventuels problèmes, réels bénéfices, progrès de l'humanité
Académie des technologies (ADT)	Agence publique	Etablissement public administratif pour conduire des réflexions sur des questions relatives aux technologies et à leur interaction avec la société.	Pro -	Développement économique, porteuses d'avenir, bénéfices, responsabilité, prévention, formation, normalisation, réglementation, information
Académie Nationale de Médecine (ANM)	Communauté médicale	Structure publique mais autonome à but non lucratif, s'occupe de tout ce qui concerne la santé publique et l'art de guérir.	Pro -	Progrès, risques éventuels, éthique, réglementation, veille sanitaire, information
Académie Nationale de Pharmacie (ANP)	Communauté médicale	Association française faisant la promotion et la défense des activités pharmaceutiques	Pro -	Innovation majeure, Intérêt, rapport bénéfice/risque positif, Poursuivre et encourager la formation, la réglementation, informer.
AFNOR (Agence Française de Normalisation)	Entreprise	Groupe privé international d'élaboration de normes pour l'industrie et les services	Neutre +	Normalisation, développement responsable, concurrence, nouvelles lois.
AFOC (Association Force Ouvrière Consommateurs)	Syndicat	Association nationale de défense des consommateurs	Pro -	Meilleure des choses, pire des choses, maîtrise du risque, principe de précaution, gouvernance, autorité indépendante, recensement, réglementation, étiquetage
AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments)	Agence publique	Etablissement public spécialisée dans le domaine alimentaire (évaluation des risques, formation, recommandations)	Neutre +	Risques possibles, évaluation impossible, soutien des travaux de recherche, prudence, déclaration, nouvelles lois.
AFSSET (Agence française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail)	Agence publique	Agence publique d'évaluation des risques sanitaires	Neutre +	Risques potentiels, nouvelles lois, informer.
ANIA (Association Nationale des Industries Alimentaires)	Entreprise	Porte parole de l'industrie agro-alimentaire	Neutre +	Propice au développement économique, innovation, encourager la recherche, réglementation, information, sécurité.
APPA (Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique)	Population	Association française d'étude et de sensibilisation sur la pollution atmosphérique.	Neutre	Enjeu de société, informer, éthique, gouvernance, outils de décision, susciter des débats.
Association Française Transhumaniste (AFT)	Population	Association française de promotion des technologies permettant de prolonger la vie humaine	Pro -	Révolution, transhumanisme, OUI, contrôles
Association Sciences et Démocratie (ASD)	Population	Association française pour promouvoir et faciliter la participation citoyenne dans les choix scientifiques et technologiques.	Neutre -	Débat public tronqué, principe de précaution, réglementation, gouvernance

Acteur	Type d'acteur	Rôle	Positionnement	Principaux éléments de langage
CENG (Collectif sur les Enjeux des Nanotechnologies à Grenoble)	Population	Association française s'intéressant aux nanotechnologies et à leurs effets	Neutre	Débat public tronqué, responsabilité, informer, gouvernance, formation, démission de l'Etat.
CESE (Conseil Economique, Social et Environnemental)	Agence publique	Assemblée constitutionnelle française, rôle consultatif, relais entre société civile et pouvoirs publics.	Pro -	Révolution, progrès, espoirs, interrogations, craintes, principe de précaution, développement économique, emplois, concurrence, réglementation ciblée, étiquetage, protection des salariés, normalisation, information
CESR Bretagne (Conseil Economique et Social)	Politiques	Fédération d'organisations socio-professionnelles (propositions, consultation, information)	Neutre -	Nécessité d'un débat, information, formation, études indépendantes, dangers potentiels, évaluation des risques, étiquetage.
CESR Franche-Comté (Conseil Economique et Social)	Politiques	Fédération d'organisations socio-professionnelles (propositions, consultation, information)	Pro +	Développement économique, réglementation, exigences techniques et sociétales, dialogue social
CESR Rhône-Alpes (Conseil Economique et Social)	Politiques	Fédération d'organisations socio-professionnelles (propositions, consultation, information)	Pro -	Potentiel économique, espoirs de progrès, risques potentiels, encourager l'effort de recherche, étiquetage, formation, information, protection, normalisation, gouvernance
CFDT (Confédération Française Démocratique du Travail)	Syndicat	Organisation syndicale française, qui regroupe des salariés des secteurs privé et public.	Pro -	Préservation de la santé des salariés, réglementation, information, responsabilité, concurrence, développement économique
CFE-CGC (Confédération Française de l'Encadrement - Confédération Générale des Cadres)	Syndicat	Organisation syndicale représentative des cadres et personnels d'encadrement dans tous les secteurs	Pro -	Développement économique, emplois, révolution, stimuler l'innovation, limiter les risques, évaluer la toxicité
CFTC (Confédération Française des Travailleurs Chrétiens)	Syndicat	Organisation syndicale chrétienne de défense des salariés	Pro -	Formidable espoir, promesses, grandes inquiétudes, dangers avérés, réglementation, étiquetage, protection des salariés.
CLCV (Consommation, Logement et Cadre de Vie)	Population	Association française de défense des consommateurs et d'usagers	Anti +	Nouvelles lois, encadrement, toxicité, incertitude sur les risques, voie médiane, évaluation indépendante, transparence.
CNIL (Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés)	Agence publique	Autorité administrative publique de contrôle en matière de protection des données personnelles	Neutre -	Révolution, difficulté à contrôler, perception des risques, réglementation, régulation, protection.
CNISF (Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France)	Population	Association représentative des diplômés d'écoles d'ingénieurs	Pro -	Opportunité économique, risques éventuels, transparence, information indépendante, encadrer, éthique, déontologie, nouvelles lois.
CNRS et CEA (Centre National de la recherche Scientifique et Commissariat à l'Energie Atomique)	Agence publique	Organismes publics de recherche (recherche fondamentale et appliquée)	Pro +	Concurrence, économie, emploi, innovation, responsabilité, évaluation et maîtrise des risques, éthique, information
Conseil Régional d'Ile de France (CR IDF)	Politiques	Assemblée d'élus, exécutif et administration régionale.	Pro -	Favorable, progrès, espoir, développement économique, richesses, emploi, éthique, réglementation, responsabilité, principe de précaution, étiquetage, information, instance indépendante.
EPE (Entreprises Pour l'Environnement)	Entreprise	Association de grandes entreprises françaises et internationales de tous les secteurs de l'économie	Pro +	Bénéfices pour la société, possibles effets indésirables, innovation, concurrence, responsabilité, respect des lois.
FEBEA (Fédération des Entreprises de la BEauté)	Entreprise	Syndicat professionnel des acteurs de l'industrie de la beauté et du bien-être	Pro +	Avantages, incontournable, absence de risque, innocuité, mesures de protection suffisantes

Acteur	Type d'acteur	Rôle	Positionnement	Principaux éléments de langage
Fédération Nationale Familles rurales (FNFR)	Population	Fédération d'associations françaises de défense des consommateurs	Neutre +	Risques pressentis, enveloppe la recherche sur les risques, étiquetage, réglementation, protection des travailleurs, principe de précaution.
FIDEA (Fédération InterDépartementale de l'Environnement Avignonnais)	Population	Association française de défense de l'environnement (pollutions) des vallées du Rhône et de la Durance	Pro -	Utiles, techniques maîtrisées, nouvelles lois, étiquetage.
FNE (France Nature Environnement)	Population	Fédération d'associations françaises de protection de l'environnement.	Anti -	Nouvelles lois, étiquetage, améliorer les connaissances, risque potentiel, moratoire partiel.
FO (Force Ouvrière)	Syndicat	Organisation syndicale de défense des salariés	Neutre +	craintes légitimes, manque de connaissances, évaluation objective des risques, protection des salariés, informer, réglementation
Fondation Sciences citoyennes (FSC)	Population	Association française pour favoriser l'appropriation citoyenne des sciences	Anti -	Débat public tronqué, moratoire, expertise indépendante, impacts théoriquement positifs, pouvoir, risques, dangers.
Forum Mondial Sciences et Démocratie (FMSD)	Population	Collectif français membre du Forum Mondial Sciences et Démocratie	Anti -	Gouvernance, moratoire, réglementation, alternatives, transparence, expertise indépendante
INC (Institut National de la Consommation)	Agence publique	Etablissement public au service des consommateurs.	Pro -	Innovation, progrès, développement économique, peur irrationnelle de la nouveauté, développement responsable, recensement, étiquetage, évaluation indépendante, information, éthique
INDECOSA-CGT	Population	Association de défense des consommateurs salariés	Pro -	Prévention des risques, réglementation, étiquetage, protection des salariés, respect des libertés individuelles, normalisation, transparence
INERIS (Institut National de l'Environnement industriel et des RISques)	Agence publique	Etablissement public à caractère industriel et commercial de prévention des risques industriels et technologiques	Pro -	Progrès, répondent à des attentes sociétales, évaluer les risques, réglementation, information, certification.
INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique)	Agence publique	Institut de recherche public dédié aux sciences du numérique	Pro -	Responsabilité, vigilance, exigence, informer, rigueur, précaution, risques potentiels
INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité)	Population	Association française pour le développement de la culture « santé et sécurité au travail ».	Neutre -	Connaissances limitées, informer, prudences, prévention
INSERM (Institut National de la Santé Et de la Recherche Médicale)	Agence publique	Centre de recherche public dédié à la santé humaine et l'étude des maladies.	Pro -	Effets indésirables potentiels, service, voie majeure de progrès, évaluation de la toxicité éventuelle.
IReSP (Institut de Recherche en Santé Publique)	Association corporatiste	Groupement d'intérêt scientifique pour développer et promouvoir la recherche française en santé publique.	Neutre +	Développement, surveillance, risques potentiels, transparence, informer
Leem (Les Entreprises du Médicament)	Entreprise	Syndicat professionnel représentant l'ensemble des entreprises du secteur de l'industrie pharmaceutique	Pro +	Innovation, concurrence, marché économique, avancées fructueuses, révolution
Les Amis de la Terre (LADLT)	Population	Association pour la protection de l'Homme et de l'environnement	Anti -	Principe de précaution, moratoire, débat public tronqué, risques négligés et avérés, nocivité, dangerosité, dérives post-humanistes, emballage industriel
Les Verts	Politiques	Parti politique écologiste	Anti -	Scientisme, productivisme, potentiellement utiles, principe de précaution, moratoire, débat public tronqué, arrêt des investissements, réglementation.
MEDEF (Mouvement des Entreprises de France)	Entreprise	Syndicat professionnel des dirigeants d'entreprises de tous les secteurs d'activité	Pro -	Progrès, enjeux économiques, poursuite des travaux sur les impacts, protection, transparence, gouvernance, éthique, concurrence.

Acteur	Type d'acteur	Rôle	Positionnement	Principaux éléments de langage
ORDIMIP (Observatoire Régional des Déchets Industriels en Midi-Pyrénées)	Population	Association française de réflexion, de concertation et de proposition sur le thème des déchets des activités économiques	Neutre +	Connaissances limitées, informer, gestion adaptée, protection des salariés, transparence, réglementation
SEPANSO (Société pour l'Etude, la Protection et l'Aménagement de la Nature dans le Sud-Ouest)	Population	Fédération régionale des associations de protection de la nature (Aquitaine)	Anti -	Non, plaies contemporaines, profits, absence de conscience morale, ruine de l'âme, imposer l'acceptabilité, principe de précaution, débat public tronqué
SFSP (Société Française de Santé Publique)	Population	Association française pour offrir aux acteurs de la santé publique un cadre pour une réflexion interprofessionnelle	Pro +	Favorable aux recherches en matière de santé, informer, innovation responsable, gouvernance
SITELESC	Entreprise	Syndicat professionnel représentant les acteurs de la micro et la nanoélectronique.	Pro +	Absence de risque, absence de nanoparticules, mesures de protection existantes efficaces,
UIC (Union des industries Chimiques)	Entreprise	Syndicat professionnel des acteurs de l'industrie de la chimie	Pro +	Développement responsable, transparence, information sur les risques.
UNSA (Union Nationale des Syndicats Autonomes)	Syndicat	Union syndicale française qui regroupe des salariés du privé et du public	Pro -	Favorable au développement, progrès, régulation, étude des risques, réglementation,
VivAgora	Population	Association française pour la mise en démocratie des choix techniques et scientifiques	Neutre +	Innovation, révolution, informer, amélioration, concertation, incertitude

Annexe 2

Les cahiers d'acteurs du débat de 2009-2010 en France

(78 pages)



INSTITUT DE FRANCE
Académie des sciences

L'Académie des sciences publie des avis et rapports, à la demande des pouvoirs publics et sur sa propre initiative. Elle organise des débats (conférences publiques et colloques) et contribue au développement des sciences par l'attribution de prix et l'édition de revues (*Les Comptes Rendus*). Elle veille à la qualité de l'enseignement et à la conservation du patrimoine scientifique.

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nanosciences

Les **nanosciences** sont l'étude des phénomènes et de la manipulation de la matière aux échelles atomique, moléculaire et macromoléculaire, où les propriétés physiques diffèrent sensiblement de celles qui prévalent à plus grande échelle.

Les **nanotechnologies** concernent la conception, la caractérisation, la production et l'application de structures, dispositifs et systèmes par le contrôle de la forme et de la taille à échelle nanométrique. Le terme « nanotechnologies » est souvent employé à tort pour promouvoir des objets commerciaux ou des applications plus ou moins réalistes.

Il est apparu que l'accès aux structures nanométriques peut s'effectuer soit par une approche descendante en divisant les matériaux, soit en assemblant des atomes

par des méthodes physiques ou en synthétisant, par des méthodes chimiques, des objets de complexité croissante (molécules, macromolécules, nanoparticules, auto-organisations, matériaux nanostructurés ou de porosité mésoscopique, assemblages associant biomolécules et nanoparticules, etc.).

Ces objets de petite taille, comparée aux dispositifs et circuits de la microélectronique, mais de grande taille comparée aux molécules courantes, peuvent poser des problèmes nouveaux de toxicité, associant la toxicité chimique usuelle à un effet de taille. Il convient donc d'en maîtriser la toxicologie, afin de prévenir d'éventuels problèmes sanitaires et de ne pas entraver les réels bénéfices que ces avancées peuvent apporter au progrès de l'humanité.

COORDONNÉES

Académie des sciences
23, quai de Conti – 75006 Paris
Tél. : 01 44 41 43 66
Fax : 01 44 41 43 63
www.academie-sciences.fr

Nanophysique et technologies de l'information

Les nanosciences et les nanotechnologies occupent une place croissante en physique, théorique et appliquée, notamment dans le domaine des technologies de l'information.

La possibilité de fabriquer des objets matériels à l'échelle des dix nanomètres, des circuits électriques complets à l'échelle submicronique, de toucher la matière à l'échelle des atomes avec toutes les microscopies issues du microscope à effet tunnel, de positionner avec ces méthodes des atomes ou des molécules, ... a ouvert le « nanomonde » aux physiciens. L'intérêt de ce domaine est de bénéficier à la fois des propriétés de la matière à l'échelle microscopique, telles que l'existence d'objets individuels ou la richesse de la physique quantique, et de la souplesse d'assemblage du monde macroscopique. Les espoirs sont réels de fabriquer de véritables objets aux propriétés très intéressantes : des assemblages contrôlés d'atomes et molécules intégrés à des circuits électriques, des circuits électroniques digitaux ultraminiaturisés (électronique moléculaire)...

Il n'y a pas de danger intrinsèque à la nanophysique : ce n'est qu'un domaine qui s'ouvre et mènera sans aucun doute à de nouvelles technologies exploitant la richesse du nanomonde.

Du côté des technologies de l'information, le développement des nanosciences permettra peut-être de dépasser la barrière technologique anticipée autour de 10 nanomètres, dans la fabrication des circuits semiconducteurs. Il est toutefois probable que la microélectronique va continuer à progresser en empilant les couches plutôt qu'en diminuant la taille des transistors, qui va au mieux atteindre la limite de la lithographie par rayons X. Dans une direction plus fondamentale, on sait déjà fabriquer des circuits électroniques quantiques, pouvant par exemple être mis dans une superposition d'états correspondant à des courants électriques de sens opposés. Ils ouvrent la perspective d'un traitement

quantique de l'information, capable de résoudre efficacement des problèmes hors de portée des ordinateurs conventionnels. Toutefois, malgré ces perspectives, la microélectronique à base de semiconducteurs va simplement remplacer micro par nano durant plusieurs dizaines d'années avant qu'une alternative issue des nanosciences ne la détrône. Ici, le danger ne réside pas dans la technique mais dans son usage. La fabrication de circuits électroniques très miniaturisés, éventuellement implantables chez l'homme, est perçue comme un danger pour les libertés individuelles. Les progrès sont dans ce domaine heureusement pilotés par la médecine régénératrice (retrouver la vue, ...).

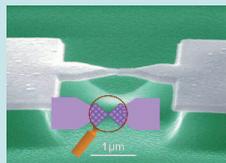
Nanomédecine

Les progrès de la chimie analytique au service de la biologie

Les nanotechnologies et les techniques de microfabrications ont révolutionné les concepts de la bioanalyse. Leur développement continu et leur accès de plus en plus simple laissent espérer des avancées spectaculaires, aussi bien en biologie fondamentale que pour le diagnostic médical.

Les nanosondes moléculaires sélectives vis-à-vis d'espèces intracellulaires (pH, calcium, etc.) ou spécifiques d'une structure cellulaire donnée (éléments de membranes, cytosquelette, protéine, etc.) permettent de visualiser par imagerie microscopique la localisation et la dynamique de ces cibles au sein de cellule ou de tissus.

Les nanopuits quantiques (*quantum dots*) peuvent être fixés à une protéine et renseigner ainsi sur son trafic intracellulaire ou membranaire. L'existence de sondes de « couleurs » différentes permet de suivre collectivement plusieurs entités différentes afin d'examiner leurs synergies aussi bien en termes de coïncidence de populations qu'à l'échelle de la molécule unique. La méthode est cependant restreinte pour l'instant aux très grosses entités biologiques.



> CONTACT ATOMIQUE

Un contact de taille atomique est obtenu en cassant par flexion du substrat un nanopont métallique fabriqué par lithographie électronique. Les contacts atomiques constituent un système modèle pour le transport électrique à l'échelle nanométrique.

Les ultramicroélectrodes ampérométriques renseignent sur le trafic de petits activateurs et messagers chimiques. La réduction de la taille de ces électrodes aux échelles nanométriques devrait permettre un suivi dynamique de ces effecteurs moléculaires au niveau intracellulaire ou au sein d'organelles.

Les techniques bioanalytiques couplées aux microfabrications et à la fluidique ont permis des avancées remarquables dans plusieurs domaines intéressant la médecine et la biologie : détection automatique de cellules anormales à partir de biopsies de très faibles volumes, optimisation automatique des conditions de cristallisation de protéines (ce qui constitue un verrou sérieux pour l'étude structurale de nouvelles protéines synthétisées à partir des génomes), détection de toxiques traces dans l'environnement ... Ces méthodes permettent en outre d'envisager des avancées remarquables en dépistage systématique médical (« screening ») rapide et à faible coût.

Les applications médicales

Après un passage du macroscopique au microscopique (microchirurgie), la médecine va passer au monde de la nanomédecine pour trois raisons principales : a) être de moins en moins invasif, b) délivrer les soins le plus efficacement et le plus directement au niveau de la cible thérapeutique (une protéine ou un acide nucléique) à l'échelle du nanomètre, c) obtenir une information quantifiée au niveau cellulaire ou intracellulaire sur l'origine de la maladie ou sur le suivi thérapeutique.

Cette évolution se fait déjà sentir dans le domaine du diagnostic (puces à ADN ou à protéines pour des kits de détection de pathogènes ou de dysfonctionnement cellulaire), de la thérapie (vectorisation des médicaments via de nouveaux objets moléculaires issus de la nanochimie, nouvelles méthodes de galéniques utilisant les avancées des nanotechnologies).

Le National Institute of Health des Etats-Unis a lancé en 2005 un programme fédéral pour mettre en place 4 centres de recherche pour la nanomédecine.

On compte déjà entre 130 et 150 médicaments ou outils de diagnostic basés sur des nanotechnologies. L'identification génétique de pathogènes en quelques heures est à portée de main.

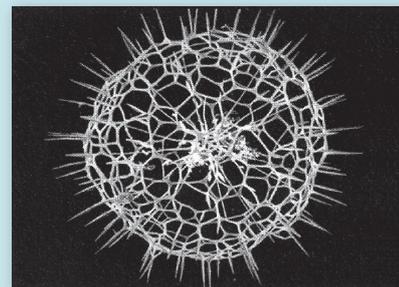
Deux questions importantes se posent

> Les budgets de santé (actuellement entre 8 et 15% du PIB des pays riches) pourront-ils suivre cette évolution technologique ? La nanomédecine permettra probablement de faire des économies grâce à des diagnostics rapides et efficaces, mais la réduction des coûts n'est pas assurée pour l'ensemble des besoins. À titre d'exemple, un traitement de l'arthrite rhumatoïde à l'aide d'anticorps monoclonaux coûte de l'ordre de 13 000 euros par an (coût moyen d'un médicament classique : 170 euros par an).

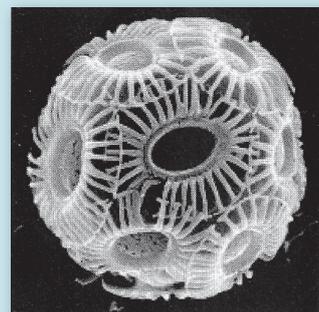
> Contre la nanomédecine, des craintes irrationnelles se font jour concernant les nanorobots. Dans un monde ultramédiatisé, ces craintes peuvent contribuer à déplacer hors du champ scientifique et éthique le débat qui doit accompagner l'arrivée des nanotechnologies dans le monde de la médecine.

Nanochimie

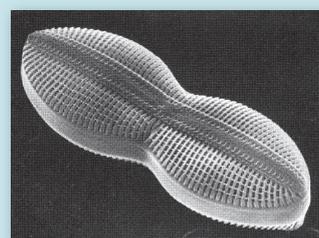
La chimie est par essence une nanoscience puisque les objets qu'elle manipule, atomes, molécules et agrégats ont des dimensions nanométriques. Sa place dans les nanosciences et nanotechnologies a évolué considérablement ces dernières années, car il est apparu rapidement que la chimie était l'outil fondamental pour l'approche dite bottom-up, qui construit les nano-objets par association de nanobriques élémentaires : atomes, molécules, particules. Il a donc été nécessaire de concevoir de nouvelles méthodes de synthèse et d'organisation (auto-assemblage ou organisation dirigée) à l'échelle mésoscopique. Ces assemblages peuvent par la suite être connectés au sein d'un nano- ou micro-dispositif présentant des propriétés particulières. Une partie du nano-objet formé possède la propriété recherchée



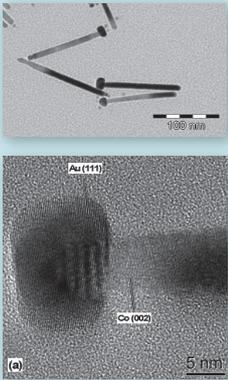
Radiolaire



Cocolithe



Diatomée



Croissance de nano-particules d'or sur un bâtonnet de cobalt
(F. Weztz et al. *Angewandte Chemie* 2007)

Nanosciences et nanotechnologies
(avril 2004). Rapport RST n°18.
En commun avec l'Académie des technologies. Éditions Tec & Doc., Paris

CONCLUSION

Le développement des nanosciences pose des questions spécifiquement liées à la taille des objets, à leur composition et à leur structure. Il est donc important de se préoccuper, lors de la fabrication des nano-objets, de la toxicité, comme il est d'usage de le faire pour n'importe quel produit de synthèse.

(physique, biologique ou chimique) tandis que l'autre partie assure le contact avec le monde extérieur afin de mettre en oeuvre la propriété (micro- ou nano-électronique) ou de transporter l'objet vers sa cible (biologie, médecine).

La fabrication de nanobriques peut s'opérer par des méthodes chimiques, a priori conventionnelles, mais permettant l'accès à des objets de tailles mésoscopiques et/ou à organisation contrôlée. On peut ainsi élaborer des matériaux nanostructurés originaux tels les hybrides organominéraux qui trouvent des applications dans des domaines très variés (catalyse, micro-/nano-électronique, stockage et conversion de l'énergie dont dispositifs photovoltaïques, revêtements et renforcements de propriétés mécaniques, ...).

Elle peut également faire appel aux biomolécules ou à des interactions d'artefacts nanométriques avec des molécules du vivant ou avec le vivant lui-même, *in vitro*

ou *in vivo*. Ceci conduit notamment au développement de la nanomédecine dans laquelle les produits actifs peuvent être libérés de façon ciblée au sein même de la cellule malade et où les propriétés physiques de nano-objets peuvent être mises à profit pour mettre au point de nouvelles méthodes de diagnostic ou de soin (hyperthermie).

L'élaboration chimique conduit à des objets de complexité croissante (molécules, macromolécules, nanoparticules, auto-organisations, matériaux nanostructurés ou de porosité mésoscopique, assemblages associant biomolécules et nanoparticules, etc.). Ces nano-objets, de petite taille comparée aux dispositifs de la micro-électronique, sont de grande taille par rapport aux molécules courantes. Ils peuvent donc présenter des nuisances nouvelles associant la toxicité chimique usuelle à un effet de taille, ou de forme, qui permettrait aux nanoparticules de traverser les membranes cellulaires.

Les études toxicologiques se développent dans le monde entier. Elles concernent aussi bien des nano-objets résultant de matériaux biocompatibles (carbone, oxydes de fer ou de zinc, or, ...) que de substances toxiques (séléniure de cadmium, cobalt, nickel, ...).

En ce qui concerne les préoccupations environnementales, la récupération de nanoparticules nécessite des actions de recherche ad hoc. Par contre, leur élimination par combustion (carbone) ou pour former des matériaux massifs (oxydes, métaux, semi-conducteurs) peut se faire en utilisant des procédés classiques (chauffage, hydrolyse, ...) et ne devrait pas poser de problèmes spécifiques.



L'Académie des technologies a déjà publié en collaboration avec l'Académie des sciences sur ce thème (rapport « Nanosciences, nanotechnologies, avril 2004) et poursuit son activité selon deux axes. D'une part, elle engage une large concertation avec l'ensemble des acteurs opérationnels directement impliqués sur ce sujet ; d'autre part elle poursuit sa propre réflexion et ce, d'une manière d'autant plus pertinente qu'elle compte parmi ses membres des chercheurs éminents dans ce domaine venant d'horizons divers (recherche appliquée sur les risques environnementaux, pharmacie, cosmétologie, dermatologie, physique, chimie, etc...) et qu'elle s'appuie sur les connaissances développées dans les organismes publics français (INERIS, CNRS, INSERM, INRS, AFSSET, CEA, INRA, IRSN...) et en relation avec les Institutions Européennes (CE) ou internationales (OCDE, UNESCO).

COORDONNÉES

Académie des technologies
Grand Palais des Champs Elysées
Porte C
Avenue Franklin D. Roosevelt
75008 Paris
Tél. : 01.53.85.44.44
Fax : 01.53.85.44.45
www.academie-technologies.fr
secretariat@academie-technologies.fr

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nanoparticules : enjeux et risques potentiels

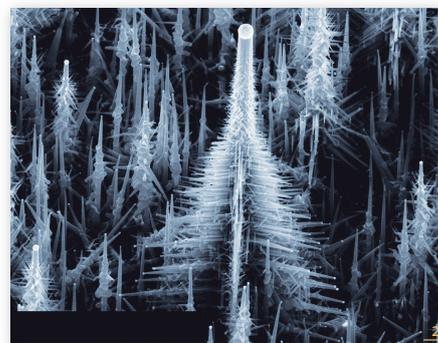
Contribution du groupe de travail de l'Académie des technologies

Les nanoparticules constituent un champ de recherche riche en potentialités pour un meilleur développement économique, industriel et social. Elles cristallisent également les craintes du public concernant les risques engendrés pour l'être humain et pour l'environnement par des nanoparticules larguées dans l'air et dans l'eau sans que l'on connaisse précisément leur effet à court, moyen ou long terme.

Afin de participer d'une manière claire et responsable au débat, nous avons jugé utile d'établir ce cahier d'acteurs. Il présente d'une manière succincte les connaissances qui sont en notre possession ; puis, il dresse une liste des dix questions qui nous semblent essentielles (présentant à la fois l'état de nos connaissances et celui de notre ignorance). Enfin, il nous a semblé nécessaire d'exprimer quelques recommandations.

Point sur l'état actuel des connaissances

Il n'existe pas encore d'accord entre chercheurs sur une nomenclature universellement reconnue pour l'identification des nanoparticules. Ce n'est pas un problème d'incertitude sur ce qu'est une nanoparticule (toute particule dont au moins deux des trois dimensions sont nanométriques, entre le nanomètre¹ et la centaine de nanomètres) mais une question de convention, qui pourrait servir notamment dans le cadre de la réglementation des produits



Arborescence de nanofils de silicium

mis sur le marché. Un cas typique est le nanotube de carbone dont il peut exister des milliers de formes différentes (dimensions, surface, etc.). Quoi qu'il en soit, tout le monde s'accord sur le fait que les matériaux divisés à l'échelle de quelques nanomètres, voire de quelques centaines de nanomètres, se caractérisent souvent par une « rupture » de leurs propriétés. C'est en cela que les nanotechnologies sont porteuses d'avenir.

Les nanoparticules (poussières diverses) existent depuis toujours dans l'air que l'on respire, elles sont produites par les volcans, par la pollution, etc. La nouveauté technologique est qu'il est désormais possible de structurer des matériaux ordinaires (métaux, or, argent mais aussi lipides et polymères, synthétiques ou naturels) à l'échelle nanométrique, leur donnant des propriétés nouvelles. Il est également possible de fabriquer des nanoparticules, ce qu'on ignorait jusqu'à récemment.

1. Nanomètre : 1 milliardième de mm ou 10^{-6} mm ; l'épaisseur d'un cheveu est de 80 000 nm



Liste des acronymes dans l'ordre alphabétique

- AFNOR : Agence Française de Normalisation
- AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
- CE : Commission Européenne
- CEA : Commissariat à l'Energie Atomique
- CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
- INERIS : Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
- INRA : Institut National de la Recherche Agronomique
- INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
- INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale
- IRSN : Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire
- ISO : (normes) Organisation Internationale de Normalisation
- OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique
- REACH : enRegistrement, Evaluation et Autorisation des substances CHimiques
- UNESCO : Organisation pour l'Éducation la Science et la Culture

Les nanoparticules sur lesquelles portent les recherches ont des applications potentielles dans de nombreux domaines. À moyen terme, leurs bénéfices essentiels sont attendus dans le domaine de la santé (biomarqueurs, vecteurs pour les médicaments, antiseptiques) et dans celui de l'énergie et du transport (amélioration de l'adhérence des pneus, nanocatalyseurs dépolluants pour les voitures d'aujourd'hui, nanopoudres pour les batteries des voitures électriques de demain, etc.), ainsi que dans le domaine des textiles (imperméabilisation notamment).

Les recherches sont actives dans ces directions, même si les utilisations les plus en vue aujourd'hui sont celles à finalité de grande consommation (cosmétiques, matériaux pour sports et loisirs : amélioration de la performance des skis de compétition par exemple, etc.). Les laboratoires publics et privés qui s'intéressent aux nanoparticules à finalités pratiques sont nombreux dans le monde. Les résultats de leurs recherches peuvent façonner les industries de demain, et améliorer – en raison des avancées accomplies – le positionnement économique des différents acteurs impliqués (prise de brevets, mise sur le marché, etc.).

Les dix questions

Quels sont les risques (avérés, possibles) des nanoparticules libres pour l'être humain ?

On sait que les nanoparticules qui se trouvent dans l'air (suie, poussière, etc.) peuvent être inhalées ou ingérées et que les moyens de défenses naturels assurent physiologiquement leur élimination. On sait également que la pollution atmosphérique, qui comporte une certaine fraction de nanoparticules, est à l'origine de l'aggravation de certaines maladies cardiaques et respiratoires. On a montré également que les effets toxiques des nanoparticules dépendent de nombreux facteurs comme leur nature chimique, leur forme, la rigidité ou la flexibilité des particules, ainsi que des doses inhalées ou ingérées. En revanche, pour l'instant, nous n'avons pas de connaissances décisives sur le cycle de vie d'une nanoparticule nouvelle dans l'orga-

nisme humain sauf dans le cas des Nanomédicaments pour lesquels le dossier d'AMM impose l'identification précise des voies de métabolisation/excrétion ainsi que la connaissance de la pharmacocinétique/biodistribution. Ces connaissances devraient pouvoir aider à la compréhension du devenir des autres types de nanoparticules dans l'organisme (phénomènes d'opsonisation, passage des endothéliums etc.) Bien que les effets toxiques des nanoparticules sur l'homme ne soient pas clairement avérés, il paraît indispensable de ne pas rajouter dans l'air des nanoparticules fabriquées par l'homme.

Quels sont les risques (avérés, possibles) des nanoparticules libres pour l'environnement ?

On connaît les mécanismes élémentaires de dissolution ou d'aggrégations des nanoparticules lorsqu'elles sont analysées en laboratoire. Il reste extrêmement difficile d'évaluer ces risques pour l'environnement, car ils dépendent du genre de particule, du contexte dans lequel elle se trouve, de sa quantité, des évolutions physico-chimiques ou biologiques dans les différents écosystèmes. Certaines nanoparticules peuvent réagir avec leur environnement et évoluer suivant une histoire difficilement prévisible du fait des constantes de temps à prendre en considération pour leur environnement (effet sur plusieurs générations pour la faune et la flore). Dans ce contexte, le recours au principe de précaution proportionné requiert de mettre en œuvre des méthodes de confinement des nanoparticules et de filtrage des effluents.

Quels sont les risques des nanoparticules intégrées dans des produits de grande consommation ?

Lorsque des nanoparticules sont intégrées dans un produit industriel, le risque d'exposition reste quasi nul tant que le produit n'est pas jeté. En effet, les nanoparticules servent à améliorer certaines caractéristiques du produit (rigidité, flexibilité, propriétés thermiques) mais le fait qu'elles y soient intégrées ne leur donne aucune possibilité d'être libérées dans l'air et d'être inhalées, ingérées ou absorbées, sauf dans le cas des médicaments et produits cosmétiques. Notre ignorance porte principalement sur le devenir de ces nano-

particules si le produit n'est pas correctement recyclé. Elles peuvent alors se retrouver dans l'air ou l'eau et, si elles sont larguées en grandes quantités, affecter en premier lieu les écosystèmes.

Quels sont les problèmes liés à la mesure de la présence des nanoparticules ?

Les systèmes de comptage des particules sont déjà opérationnels dans toutes les industries nécessitant des environnements ultra-propres (aussi dénués que possible de toute poussière, comme par exemple dans l'électronique ou les biotechnologies). Dès qu'on passe à l'air libre, le problème est compliqué du fait que les nanoparticules naturelles et d'origine humaine s'y trouvent en très grand nombre et diminuent la sensibilité et la précision du comptage. De ce fait, il serait utile d'identifier les nanoparticules émises dans l'air (ou dans l'eau) non seulement par leur taille mais aussi par leur nature chimique, ce qui requiert des équipements de comptage pourvus de systèmes d'analyse chimique. Aujourd'hui, ce type d'appareils est en phase de conception.

Où en est la recherche en toxicologie et en écotoxicologie ?

À l'échelle nationale il existe aujourd'hui des programmes de recherche qu'il est sans doute nécessaire d'accélérer. Ils sont complétés sur le plan international par la mise en place d'une coordination (OCDE, ISO, CE, etc.) destinée à optimiser le travail notamment en définissant des priorités parmi les nanoparticules à étudier, en fonction des quantités déjà produites (silice, dioxyde de titane, alumine par exemple) ou du degré de préoccupation qu'elles soulèvent (nanotubes de carbone). Aujourd'hui, les principaux programmes internationaux se mettent en place et complètent les programmes nationaux.

Quelles sont les mesures prises et les chantiers ouverts ?

L'une des mesures les plus importantes qui aient été prises fut celle qui consiste à limiter au maximum l'exposition des personnes appelées à fabriquer ou manipuler des nanoparticules dans les laboratoires et les lieux de fabrication. Les premiers

résultats ont été obtenus dans le cadre d'un programme européen Nanosafe et, au niveau national, d'un programme Nanosécurité lancé en 2009 dans le cadre de Nano-Innov (avec pour pilote le CEA-Grenoble). Les résultats concernent l'efficacité des protections (tissus, filtres, lunettes, etc.), l'efficacité des systèmes de contrôle particulaire (comptage des particules libres, séparation en fonction de la taille), et enfin celle des systèmes de confinement des particules (pour éviter la dissémination des particules dans l'air ou dans l'eau). Le programme Nanosécurité de Nano-Innov a pour but de diffuser ces connaissances et ces exigences dans les laboratoires, puis les lieux de fabrication à l'échelle nationale.

Quelle est actuellement la réglementation concernant les risques des nanoparticules ?

Il existe déjà un corpus réglementaire (code du travail) concernant la protection des travailleurs contre le risque chimique. Celui-ci s'applique totalement à la protection contre les nanoparticules. Toutefois, certaines dispositions techniques, telles que les méthodes de mesure dans les ambiances de travail, devraient faire l'objet d'adaptations spécifiques. La nécessité de dispositions spécifiques aux nanoparticules concerne également le règlement européen REACH sur les produits chimiques, dont l'adéquation aux nanoparticules fait débat actuellement. Le problème de la spécificité et de la quantité ne manquera pas d'être posé également à l'échelle nationale dans le cadre de l'application de la loi issue du Grenelle de l'Environnement I. Il prévoit une déclaration obligatoire des utilisations de nanoparticules et incite à une recherche plus poussée sur la toxicologie et l'écotoxicologie. Enfin, en mars 2009, le parlement européen a voté une réglementation nouvelle sur les cosmétiques exigeant une plus grande transparence. Cette réglementation doit être appliquée d'ici à 2013.

Comment évaluer le rapport bénéfices/risques lié à l'utilisation des nanoparticules ?

Le rapport risques/bénéfices est sérieusement pris en considération pour les médicaments, alors que pour les cosmétiques, il est clair qu'il doit être nul. Pour d'autres

produits, ce rapport doit être évalué au cas par cas. Aujourd'hui, les bénéfices escomptés de certains usages des nanoparticules sont immenses, mais la grande majorité des risques restent inconnue. Le seul moyen d'atteindre une évaluation risque/bénéfice acceptable est la vigilance, allant de la phase de pré-industrialisation à celle de la consommation de masse. Cette vigilance – et la transparence de l'information qui l'accompagne – sera le meilleur moyen pour percevoir des risques non prévus et pour les éradiquer, les réglementer, etc.

Comment informer le public sans démagogie et sans susciter des peurs infondées ?

L'un des points clé du débat sur les nanotechnologies est celui de la réponse à donner aux attentes du public. Celles-ci sont extrêmement – et légitimement – variées, car la perception d'une nanoparticule à usage médico-pharmaceutique, par exemple, est radicalement différente de la perception d'une nanoparticule dont l'usage paraît moins important, voire inutile. L'information du public, de manière rigoureuse et transparente, est le meilleur atout pour la construction d'un rapport de confiance qui se situera au-delà du débat jamais clos entre technophiles et technophobes. C'est uniquement cette information qui permettra une approche sereine des innovations technologiques et ce, d'autant plus qu'elle sera complétée par une meilleure écoute du public et de ses inquiétudes et une attention vigilante et raisonnée aux alertes lancées par les associations de consommateurs ou les spécialistes de l'environnement.

Quelle est la responsabilité éthique du chercheur et de l'ingénieur sur ce sujet ?

La responsabilité des chercheurs passe par la meilleure connaissance possible des risques (y compris en phase de pré-industrialisation) et par la vigilance avec laquelle ils suivent les cycles de vie des produits sur lesquels ils travaillent. C'est ainsi que l'éligibilité d'un projet de recherche, dans le cadre de Nano-Innov, est conditionnée par « la fourniture d'un rapport d'expertise préliminaire des risques liés à la phase d'industrialisation plus un bilan sur le cycle de vie des technologies et objets issus

du projet intégrant l'aspect sécurité et l'impact environnemental » (Nano-Innov).

Les recommandations

- 1/ Mettre en évidence en permanence les bénéfices attendus des nanotechnologies.
- 2/ Renforcer les compétences en toxicologie et écotoxicologie et exiger des chercheurs le respect des bonnes pratiques de laboratoire.
- 3/ Promouvoir la prévention en milieu de travail, notamment dans les PME qui ne bénéficient pas d'une expertise interne, organiser la formation du personnel et la traçabilité des expositions potentielles en vue d'études épidémiologiques ultérieures sur certaines particules supposées à risque.
- 4/ Renforcer les coopérations scientifiques internationales de qualité sur ce sujet.
- 5/ Prendre les mesures nécessaires pour le recyclage des produits contenant des nanoparticules.
- 6/ Accélérer la prise en compte des nanoparticules dans les instances de normalisation (ISO, OCDE, AFNOR...) et de réglementation (REACH).
- 7/ Associer toutes les parties concernées (pouvoirs publics, chercheurs, industriels, environnementalistes, associations de consommateurs, citoyens), en améliorant la diffusion des connaissances à mesure qu'elles sont acquises, d'une part ; et d'autre part, en favorisant une meilleure écoute des inquiétudes des citoyens et une meilleure réactivité à leur égard.

Ainsi, l'Académie des technologies sera en mesure de mettre sa devise au profit du débat public sur les nanotechnologies : « pour un progrès raisonné, choisi et partagé ».





afnor NORMALISATION

Opérateur central du système français de normalisation, AFNOR Normalisation élabore les référentiels demandés par les acteurs socio-économiques pour faciliter leur développement stratégique et commercial. Au delà des produits et équipements industriels, la normalisation couvre de nouveaux champs : services, risques, management, nanotechnologies et implique toujours plus d'acteurs de la société civile : collectivités locales, associations de consommateurs, professions libérales et artisanales,... 84% des travaux sont réalisés à l'échelle internationale. AFNOR Normalisation assure la représentation des intérêts français à l'international au travers des instances européennes – CEN - et internationale - ISO . AFNOR Normalisation est une des composantes du Groupe AFNOR qui est organisé en 4 grands domaines de compétence : normalisation, certification, édition et formation.

COORDONNÉES

AFNOR Normalisation
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis cedex
www.afnor.org
Contact : Benoit Croguennec
Secrétaire de la Commission
AFNOR Nanotechnologies
Tél. : 01 41 62 81 40

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

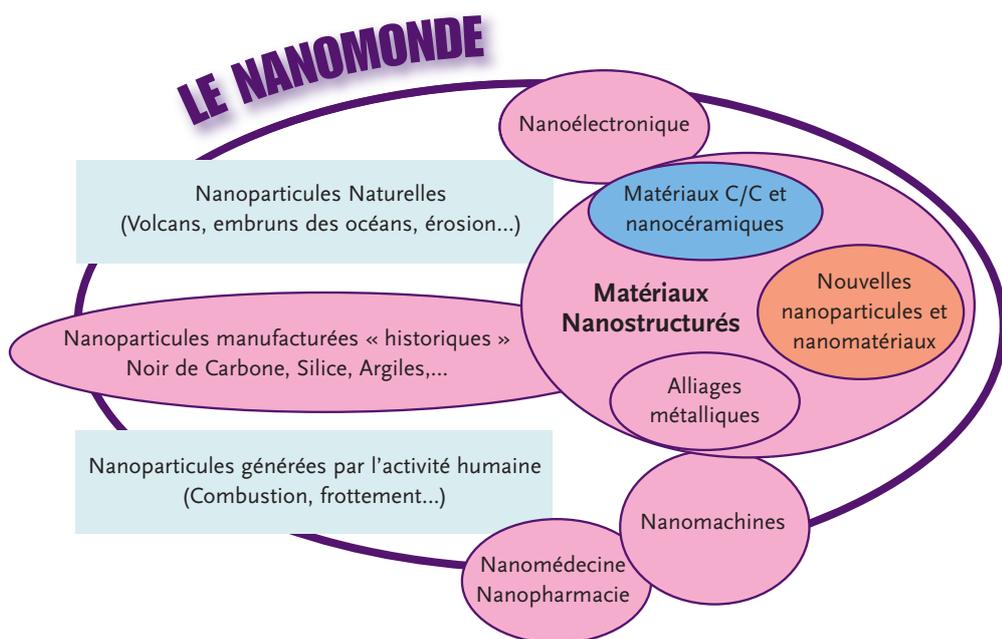
Nanotechnologies et normalisation

Normalisation et nanotechnologie : entre perspectives enthousiasmantes et craintes paralysantes

Tous les jours de nouvelles applications des nanotechnologies sont trouvées dans des domaines variés allant du stockage de l'information, de l'électronique et de l'optique, à la biologie, aux cosmétiques et à la santé, en passant par l'énergie, les transports, le bâtiment et les travaux publics, afin de créer de nouveaux systèmes plus rapides, plus légers, plus résistants, plus efficaces.

L'enjeu économique et sociétal des nanotechnologies est aujourd'hui majeur. Tous les grands secteurs industriels vont bénéficier des avancées apportées par leur développement.

Au delà de ces perspectives, il convient cependant de prendre en compte dès maintenant les risques qui peuvent être liés à la manipulation de la matière à l'échelle du nanomètre. Ces craintes portent sur tout ce qui est risques de santé, d'hygiène et d'environnement et concernent principalement la toxicité potentielle des nouvelles nanoparticules et nanomatériaux (cf. Schéma).



La normalisation est un puissant moyen et ceci à l'échelle internationale, de faire bénéficier des bienfaits des nanotechnologies tout en se prémunissant d'éventuels effets négatifs.

Un ensemble de normes volontairement mises en place garantira les règles éthiques sur la sécurité des processus de production, la qualité des produits et la maîtrise de l'ensemble du cycle de vie des produits.

S'inscrivant dans le cadre des principes du Développement Durable, les normes permettront de répondre aux exigences accrues des clients et des citoyens quant à la qualité des produits, à leur innocuité pour la faune et la flore, tant lors de leur production que de leur utilisation, et de la gestion de leur fin de vie.

État de l'art de la normalisation dans les nanotechnologies en 2009

La normalisation dans le domaine des nanotechnologies comprend soit l'un soit l'ensemble des aspects suivants :

- > Compréhension et contrôle de la matière et des processus à l'échelle nanométrique, typiquement, mais non exclusivement, au-dessous de 100 nanomètres dans une ou plusieurs dimensions quand l'apparition de phénomènes liés à la dimension permet en général de nouvelles applications ;
- > Utilisation des propriétés des objets nanométriques qui diffèrent des propriétés d'atomes individuels, des molécules et des matériaux macroscopiques pour créer des substances améliorées, des dispositifs et des systèmes qui exploitent ces nouvelles propriétés.

Les activités de normalisation dans les nanotechnologies s'exercent au niveau :

- > **International** au sein de l'ISO (organisme international de normalisation) 32 pays sont à ce jour engagés dans les travaux internationaux de normalisa-

tion : comité technique (TC) de normalisation **ISO TC 229** et CEI (comité électrotechnique international) **TC 113**. L'ISO TC 229 nanotechnologie est composé de 4 groupes de travail au sein desquels des groupes projets élaborent les documents :

- >> Groupe de travail conjoint ISO/CEI « Terminologie et nomenclature » (animation canadienne) ;
- >> Groupe de travail conjoint ISO/CEI « Mesurage et caractérisation » (animation japonaise) ;
- >> Groupe de travail ISO WG 3 « Santé, sécurité et environnement » (animation américaine) ;
- >> Groupe de travail ISO WG 4 « Spécifications de matériaux » (animation chinoise).

> **Européen** : CEN TC 352 (collaboration proche avec l'ISO sans duplication des travaux)

> **Français** : Commission de normalisation **AFNOR X457**

Comité miroir au sein duquel les positions françaises vis-à-vis des travaux internationaux et européens sont établies. Cette commission française est composée de représentants :

- >> D'organisations professionnelles ;
- >> De producteurs ;
- >> De consommateurs ;
- >> De laboratoires, centres de recherche ;
- >> De syndicats ouvriers ;
- >> D'organismes de prévention ;
- >> D'administrations ;
- >> De l'enseignement.

Représentants qui :

- > Siègent dans les organes de travail ;
- > Fournissent le contenu technique des documents ;
- > Participent aux travaux européens et internationaux.

À noter qu'au sein du WG3 « santé, sécurité et environnement », un Groupe de Travail, « Lignes directrices pour la maîtrise des risques professionnels appliquée aux nanomatériaux manufacturés, basée sur une approche par «bandes de danger », piloté par la France, élabore actuellement un guide destiné à aider les responsables à :

- > Prendre en compte les enjeux liés aux nanoparticules sur les lieux de travail ;
- > Déterminer des niveaux de protection appropriés ;
- > S'appuyer sur des données pouvant être partielles et actualisées en permanence.

Il s'agit de définir un certain nombre de niveaux de protection (bandes de danger) qui sont affectés à des substances en fonction des données disponibles sachant que l'absence de données justifie le passage dans une classe supérieure. Une évolution des connaissances est susceptible de justifier une baisse du niveau de la bande de danger à laquelle une substance est rattachée.

Des réflexions sont également en cours sur la manière d'aborder la valeur ajoutée d'un produit issu des nanotechnologies au regard d'une analyse du type bénéfice/risque.

Agir plutôt que subir

Tous les acteurs dans le domaine des nanotechnologies doivent se rassembler au plan français afin de pouvoir disposer du maximum de compétences et être en mesure de pouvoir peser sur les travaux de normalisation internationaux en cours.

L'enjeu pour la France consiste à être un acteur fort dans ce processus de normalisation de manière à pouvoir défendre ses intérêts et sa vision d'un développement responsable des nanotechnologies.

Le risque à ne pas s'impliquer suffisamment serait de voir apparaître une distorsion de concurrence vis à vis de compétiteurs économiques moins rigoureux en l'absence de normes internationales suffisamment contraignantes.

Il convient de noter également que les législateurs de part le monde sont aujourd'hui très intéressés par la perspective de documents normatifs internationaux sur lesquels ils pourraient s'appuyer pour la mise en place d'une réglementation.

Dans ce contexte, la normalisation internationale via le biais de normes d'application volontaire serait un facteur d'harmonisation des réglementations nationales.

Parler normes couramment

Qu'est-ce qu'une norme ? A quoi sert-elle ?

Une norme est un document de référence approuvé par un institut de normalisation reconnu tel qu'AFNOR. Elle définit des caractéristiques et des règles volontaires applicables aux activités. Elle est le consensus entre l'ensemble des parties prenantes d'un marché ou d'un secteur d'activité.

Une norme permet de définir un langage commun entre les acteurs économiques, producteurs, utilisateurs et consommateurs, de clarifier, d'harmoniser les pratiques et de définir le niveau de qualité, de sécurité, de compatibilité, de moindre impact environ-

nemental des produits, services et pratiques. Elles facilitent les échanges commerciaux, tant nationaux qu'internationaux, et contribuent à mieux structurer l'économie et à faciliter la vie quotidienne de chacun.

Que peut-on normaliser ?

Les champs couverts par les normes sont aussi variés que les activités économiques et répondent aux questions de société. Ayant pour objectif de définir un langage commun, la normalisation se concentre sur les performances essentielles. Elle laisse à chacun la possibilité de se différencier au delà de ce que recommande la norme. C'est

ainsi que les recommandations de la norme peuvent porter aussi bien sur des produits, procédés, bonnes pratiques, méthodes de mesure et d'essais, systèmes d'organisation...

Quelle différence entre norme et réglementation ?

La réglementation relève des pouvoirs publics. Elle est l'expression d'une loi, d'un règlement. Son application est imposée. Les normes ont un caractère volontaire. S'y conformer n'est pas une obligation. Elles traduisent l'engagement des entreprises de satisfaire un niveau de qualité et sécurité reconnu et approuvé. Les normes peuvent soutenir la réglementation en étant citées comme documents de référence. Seules 1 % des normes sont d'application obligatoire.

Pourquoi intégrer la normalisation à la stratégie de l'entreprise ?

La normalisation concerne tous les types d'organisation, quels que soient leur taille ou leur secteur d'activité. Une entreprise peut s'investir dans le champ de la normalisation pour : anticiper les futures exigences de son marché, valoriser et protéger ses pratiques, produits ou services. Quand une entreprise participe directement au développement des normes, elle se dote en effet d'un puissant levier pour orienter le marché en faveur des pratiques qu'elle juge préférables. Quand elle applique les normes, l'entreprise améliore sa performance, accroît la confiance de ses clients et augmente ainsi ses parts de marché.

Innovation et normalisation

La normalisation est un accélérateur d'innovations. En amont, elle fournit des méthodes et des résultats de référence, constituant des bases solides et un gain de temps dans le process d'innovation. En aval, elle facilite la diffusion des idées d'avant garde et des techniques de pointe. Elle crée un climat de confiance en faveur des innovations chez l'utilisateur final.

Comment est organisée la normalisation en France et dans le monde ?

Le système français de normalisation s'appuie sur un réseau d'experts issus de tous les secteurs d'activité et répartis dans les commissions de normalisation. Leur

rôle est d'apporter leur expertise et leur connaissance de chaque sujet afin de garantir la qualité de la norme. Les commissions de normalisation sont animées par 25 bureaux de normalisation sectoriels ou par AFNOR, qui assure également la coordination d'ensemble.

À l'échelle internationale, AFNOR défend les intérêts français en tant qu'institut membre des associations de normalisation européenne (CEN) et internationale (ISO). Son influence y est à la fois technique et stratégique, essentielle pour les entreprises françaises car 90 % des normes françaises sont mondiales.

Comment est élaborée une norme ?

Tout acteur économique peut proposer un projet de norme. Cette proposition est soumise à une commission de normalisation, existante ou à créer, où se réunissent tous les partenaires intéressés par la future norme. Le projet est, selon les besoins, traité au niveau national, européen ou mondial. Une fois mis au point, le projet passe en phase de validation. C'est la consultation publique (ouverte à tous) appelée Enquête. Le texte de la norme est ainsi enrichi par une série d'observations avant de prendre un caractère définitif pour être soumis à la validation de l'institut de normalisation : c'est l'homologation. L'ensemble de ce processus dure de un à trois ans. Les normes sont ensuite révisées périodiquement.

Comment participer à la normalisation ?

Tout acteur intéressé peut demander à participer aux travaux d'une commission de normalisation. Il en fait la demande auprès de l'organisme de normalisation. L'activité des commissions est gérée sous forme de projets qui nécessitent l'apport technique des participants et leur contribution financière à la couverture des frais d'animation et de logistique. Un acteur économique qui intègre une commission de normalisation participe directement à la production des normes, qui demain, feront le marché.





CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

L'afoc et les nanotechnologies

Mieux vaut prévenir que guérir

Créée en 1974 par la Confédération CGT-FO, ouverte à tous, l'Association Force Ouvrière Consommateurs (afoc), agit en amont auprès des pouvoirs publics et des professionnels par un partenariat économique et social porteur de progrès. En aval, elle défend ses adhérents au quotidien et dispense des informations au public. L'afoc est membre de la coordination ConsoFrance.

Largement à notre insu, les nanotechnologies font d'ores et déjà partie de notre environnement. Elles concernent la production basée sur l'utilisation de nanomatériaux ou de nanoparticules, d'une taille inférieure à un milliardième de mètre, soit 10⁻⁹m.

S'il paraît difficile d'intégrer dans le périmètre de réflexion de l'afoc le domaine militaire, couvert par le secret, et le champ médical, soumis à une réglementation spécifique, il paraît indispensable d'associer les nanoparticules produites même non intentionnellement, comme les rejets liés aux moteurs ou ceux liés au ponçage et à l'usure car elles ont un impact direct sur les populations et l'environnement.

La question centrale réside dans l'incertitude dans laquelle se trouvent aujourd'hui les scientifiques pour évaluer tous les impacts des nanotechnologies sur notre environnement et sur notre vie.

À la fois sources de progrès et de risques, les nanotechnologies doivent donc être soumises à une surveillance rapprochée, sous l'égide d'une autorité indépendante

et avec le concours de tous les acteurs concernés : l'afoc, quant à elle, veillera à ce que les intérêts des consommateurs soient sauvegardés au mieux !

Appréhender l'incertitude avec pragmatisme pour préserver les consommateurs

Vers une pesée des enjeux nanos...

Les nanoparticules existent depuis toujours puisqu'elles existent à l'état naturel : les volcans en produisent ! Certains animaux utilisent des nanopropriétés, par exemple le geko, dont les pattes comportent des ventouses de taille nano qui lui permettent de se déplacer quelle que soit l'orientation de la surface (au plafond, sur les murs...).

Depuis une dizaine d'années les nanotechnologies font l'objet de développements fulgurants qui touchent les domaines de la production : bâtiment, automobile, informatique, énergie, cosmétique. La concurrence internationale est exacerbée. Les

COORDONNÉES

afoc
141 avenue du Maine
75014 Paris
Tél. : 01 40 52 85 85
Mail : afoc@afoc.net
www.afoc.net

enjeux économiques s'avèrent énormes. On compare le potentiel de développement des nanotechnologies à celui de l'informatique dans les années 1970. Les perspectives d'emploi dans ce nouveau domaine se révèlent considérables.

Quels sont les principaux composants utilisés ?

Les métaux et le carbone à la taille nano sont les principaux composants. Ainsi le nano-argent est présent dans 50% des nanoproducts sur le marché. Les cosmétiques utilisent le bioxyde de titane. Les nanotubes de carbone sont utilisés notamment dans le domaine de l'énergie.

Comme la langue d'Esopé ou plus récemment comme l'énergie nucléaire, **les nanotechnologies peuvent être la meilleure ou la pire des choses**, selon les précautions que l'on prendra pour les manier.

La meilleure des choses, car elles ouvrent des perspectives immenses dans des secteurs d'actualité :

- > les économies d'énergie : des nanomatériaux peuvent être utilisés pour le transport d'électricité et permettre des gains de l'ordre de 20 %. Les batteries de voiture sont déjà équipées de nanocomposants.
- > l'épuration des eaux : des nanoparticules permettent de filtrer les eaux usées à faible coût.
- > l'informatique : la petite taille des nanomatériaux est parfaitement adaptée pour les nouveaux produits nomades de l'informatique.
- > dans les cosmétiques, les nanomatériaux sont déjà utilisés pour la protection de la peau contre le soleil.

La pire des choses puisque l'incertitude règne sur les effets des nanoparticules sur l'homme et sur l'environnement :

- > à cette taille, les nanoparticules ont

la capacité de pénétrer dans les cellules et d'altérer leur fonctionnement ;

- > des premiers tests ont été effectués sur des souris par injection directe de nanotubes de carbone au niveau du péritoine, qui ont produit des cancers. Des nanoparticules ont été ensuite retrouvées dans le cerveau de ces souris ;
- > après avoir travaillé dans les stations d'épuration, les nanoparticules se répandent dans la nature, sans qu'il soit possible d'empêcher cette diffusion et sans connaître les conséquences sur l'environnement : plantes, animaux, hommes ;
- > la toxicité des métaux à la taille macro est avérée, ainsi que celle de l'argent. Cette toxicité ne peut qu'accroître ses effets à la taille nano.

Tout irait mieux si le risque était maîtrisé. Plusieurs conditions sont préalables à la maîtrise du risque :

- > il faudrait bien connaître les produits qui contiennent des nanomatériaux,
- > il faudrait en avoir testé les effets sur l'homme et sur l'environnement.

Plusieurs facteurs empêchent cette maîtrise du risque :

- > les industriels sont réticents à dévoiler leurs secrets de fabrication ;
- > les gouvernements sont pris entre deux contraintes opposées : favoriser le développement économique et protéger les populations et l'environnement ;
- > les scientifiques éprouvent des difficultés pour appréhender le risque ; les nanoparticules sont multiples, leurs effets dépendent de leur forme dans le temps et l'espace ;
- > les tests sont longs et coûteux. Seuls les organismes internationaux peuvent les circonscrire ; ce qui pose les problèmes de coordination des politiques de tests et des sources de financement.

Le principe de précaution encore imparfait

Le principe de précaution dépend de l'interprétation du juge. Celui-ci peut l'interpréter strictement : dans l'ignorance

des conséquences, il faut interdire ; ou interpréter plus largement : pour appliquer le principe, il faut que les effets néfastes soient avérés. La jurisprudence récente fournit les deux interprétations.

Aussi, le propos de l'afoc comportera-t-il essentiellement des recommandations en vue d'une gouvernance sécurisée des nanoproduits diffusés dans le grand public ou dans l'environnement.

Principes de gouvernance sécurisée des nanoproduits

L'afoc se prononce pour une reconnaissance officielle de l'incertitude en matière de nanotechnologies et préconise la constitution d'une autorité administrative indépendante dédiée aux nano-technologies. Les caractéristiques de cette autorité administrative s'inspireront utilement de la définition qu'en donne le Conseil d'état, soit un organisme qui agit au nom de l'Etat mais dispose d'un réel pouvoir, sans pour autant relever de l'autorité du gouvernement. Une telle autorité administrative indépendante offrirait des garanties renforcées d'impartialité, de professionnalisme et d'efficacité avec, en arrière plan, l'aspiration à une action publique plus attentive aux besoins de médiation et de transparence.

Le mandat confié à une telle autorité administrative indépendante

Tout d'abord il lui faudrait évacuer une fois pour toute la question de la définition ou des définitions des nanotechnologies. Cet organisme officiel reconnu de tous devrait mettre à la disposition du public gratuitement les définitions retenues (nanoparticules, nanomatériaux, nanoobjets, matériaux nanostructures). Cette définition pourra évoluer en fonction de l'état d'avancement de la connaissance.

L'afoc suggère aussi de prendre dès à présent des mesures de précaution effectives :

a) renforcer les moyens de la recherche pluridisciplinaire en toxicité en

mettant l'accent sur deux priorités

- > les produits appliqués au corps humain
- > les produits utilisés dans l'industrie et déjà présents (ou à venir) sur le marché

b) développer une banque de données centralisée, exhaustive, normalisée sous l'égide d'une expertise scientifique pluridisciplinaire.

Le contenu possible de la base de données engloberait :

- > la liste des nanoparticules, nanoobjets et nanomatériaux présents dans le pays et dans les autres pays d'Europe et du monde,
- > les dangers identifiés de ces éléments en fonction de la dose absorbée,
- > les modes d'ingestion : voie buccale, dermique, nasale...
- > la liste des produits contenant ces nanoéléments, nom des producteurs, importateurs, distributeurs.

c) exiger une adaptation des textes communautaires dans le sens d'une protection renforcée des consommateurs sur tout le territoire de l'Union Européenne

Le règlement Reach qui est censé protéger les populations européennes contre les dangers liés aux substances contenues dans leurs produits doit être adapté, puisqu'il ne s'applique qu'au-delà d'une tonne de matériaux utilisés. De même dans un tout autre registre, les obligations nées de la réglementation européenne faites aux fournisseurs et importateurs de produits cosmétiques méritent d'être étendues à tous les produits de consommation.

d) rendre obligatoire la mention « nano » sur les produits ayant recours aux nanotechnologies au minimum dans les secteurs essentiels de la consommation que représentent l'alimentation, les cosmétiques et l'habillement.

L'étiquetage fait partie de l'information de base à la disposition de la population. Il est indispensable dans un domaine où plane l'incertitude et il est conforme au droit français de la consommation qui fait peser l'obligation d'information sur le professionnel.

La mention « sans nanoparticules » sera aussi acceptée.

e) Définir des modalités de contrôles et de sanctions

Un partenariat de l'autorité administrative indépendante et de la direction générale de la consommation, de la concurrence et de la répression des fraudes (DGCCRF) devra être envisagé quant au contrôle de l'application de la réglementation.

Enfin le contrôle parlementaire sous la forme d'un rapport annuel sous égide de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques devra être mené.

SYNTHÈSE

Les besoins pour la population et la préservation de l'environnement au regard de la présence des nanoparticules ou des nanoproducts peuvent être résumés en quelques verbes tournés vers l'action :

- > évaluer et prévenir les risques,
- > informer et développer la recherche en toxicité,
- > contrôler et sanctionner les défaillances,
- > préparer la parade aux dégâts et anticiper pour ne pas avoir à corriger

les conséquences néfastes comme dans le cas de l'amiante, des marées noires, de Tchernobyl.

Les propositions de l'afoc :

- > institution d'une autorité administrative indépendante chargée des nanotechnologies et reconnaissance officielle de l'incertitude
- > instaurer des mesures de précaution effectives par :
 - a) des moyens accrus à la recherche pluridisciplinaire en toxicité avec deux priorités, les produits appliqués

au corps humain et ceux utilisés dans l'industrie ;

- b) une banque de données centralisée, exhaustive, normalisée ;
- c) l'adaptation des textes communautaires dans le sens d'une protection renforcée des consommateurs ;
- d) un étiquetage « nano » obligatoire sur tous les produits qui en sont dotés au moins dans les secteurs alimentaires, cosmétiques et habillement ;
- e) des contrôles et sanctions.



AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

L'Afssa est un établissement public indépendant.

Spécialisée dans le domaine alimentaire, l'Agence a pour missions d'évaluer les risques et les bénéfices sanitaires et nutritionnels, de recommander des mesures de protection sanitaire, de conduire et d'impulser des travaux de recherche au niveau national, d'assurer la référence en matière de laboratoires ainsi que la veille, la surveillance et l'alerte et enfin de conduire des actions de formation et d'information. Pour sa mission d'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires, elle s'appuie sur un réseau de 300 experts qui produisent avis et rapports.

COORDONNÉES

Agence Française de Sécurité
Sanitaire des Aliments
27-31 avenue du Général Leclerc
94701 MAISONS-ALFORT Cedex
Tél. : +33 1 49 77 13 50
www.afssa.fr

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nanotechnologies et Alimentation

Les nanotechnologies sont l'objet de recherches et de développements dans des domaines industriels très divers. Dans le champ alimentaire, les applications envisageables sont nombreuses aussi bien pour les matériaux au contact des aliments (emballages, capteurs, etc.) que pour les denrées alimentaires elles-mêmes (ingrédients, additifs, arômes, agents technologiques, etc.). Néanmoins la réalité commerciale de ces applications reste difficile à cerner, la plupart d'entre elles étant encore en recherche et développement.

En concertation avec ses experts, l'Afssa a publié deux rapports sur les nano-

particules manufacturées dans l'eau de boisson (2008) et sur les nanotechnologies dans l'alimentation humaine et animale (2009). L'objectif de ces travaux était de se prononcer sur le risque sanitaire lié à l'utilisation de nanotechnologies dans l'alimentation. Devant l'impossibilité d'identifier précisément la réalité du marché et au vu du manque important de connaissances scientifiques sur la toxicité de ce type de substances, l'Afssa recommande la prudence à l'égard de l'utilisation des nanotechnologies dans l'alimentation.

Des propriétés intéressantes

Les substances nanoparticulaires peuvent présenter des propriétés physiques et chimiques différentes de celles des substances non nanoparticulaires, liées notamment à une aire surfacique (réactivité) plus importante.

Ces propriétés nouvelles, ainsi que les modifications de comportement des substances qui en découlent sont l'objet de recherches et de développements dans des domaines industriels très divers.

Les applications possibles des nanotechnologies dans le domaine alimentaire

Dans le champ des produits alimentaires, les nanotechnologies sont souvent présentées comme permettant un renforcement des effets nutritionnels escomptés, que ce soit par une meilleure absorption, une meilleure solubilisation, une diffusion plus importante (ou ciblée) dans l'organisme ou encore une plus grande protection des ingrédients fragiles.

Des compléments alimentaires présentés comme relevant de nanotechnologies, sans que cela puisse être vérifié, sont commercialisés notamment aux Etats-Unis ou via Internet en Europe, avec diverses allégations de santé (renforcement immunitaire, réduction du cholestérol, etc.) ou s'appuyant sur une meilleure biodisponibilité.

L'encapsulation sous forme nanoparticulaire fait l'objet de recherche et de développement, dans le champ des arômes notamment mais aussi de diverses autres substances ou nutriments (phytostérols, lycopène, bêta-carotène, oméga 3, etc.), à des fins de modification organoleptique, de protection de molécules fragiles ou de contrôle de la libération dans l'aliment ou l'organisme.

Dans les matériaux au contact des aliments, les applications envisageables (revêtement de réfrigérateur, emballages, films, etc.) font principalement appel aux propriétés antibactériennes ou aux effets barrières (à l'oxygène) de certains nanomatériaux. L'objectif principal est de mieux conserver la denrée emballée pour qu'elle garde sa couleur, sa saveur et pour qu'elle soit protégée contre un développement bactérien. D'autres applications, développées dans le cadre des matériaux « actifs et intelligents » des emballages alimentaires, concernent la mise en œuvre de bio-capteurs miniaturisés permettant, par exemple, la détection de toxines ou d'agents pathogènes au sein de la denrée. Ces outils permettent de suivre l'évolution de la qualité du produit pendant le transport, le stockage, voire jusqu'au moment de la consommation.

Dans le domaine de l'alimentation animale, l'utilisation de nanoparticules d'argiles permettrait de réduire la toxicité de certaines mycotoxines, par des phénomènes d'adsorption.

Les nanotechnologies sont également très étudiées dans les procédés de traitements des eaux destinées à la consommation humaine. Plusieurs brevets ont pu être identifiés à l'étranger, mais à ce jour aucune demande d'évaluation (exigence

réglementaire) pour un nouveau procédé de traitement d'eau à base de nanoparticules n'a été soumise à l'Afssa.

De même, l'Afssa n'a reçu aucune demande de mise sur le marché de produit phytosanitaire ou de médicament vétérinaire à base de nanotechnologies.

Un encadrement réglementaire qui ne permet pas d'identifier les produits issus des nanotechnologies

Les exigences réglementaires actuellement prévues dans le domaine alimentaire ne caractérisent pas la notion de taille particulière (*a fortiori* nanoparticulaire) comme un critère sensible et déterminant de l'autorisation.

Dans le champ du conditionnement au contact de l'aliment, des difficultés similaires sont rencontrées, notamment avec les matériaux intelligents ou actifs, qui constituent la niche privilégiée d'applications potentielles des nanotechnologies.



L'Afssa estime que la prudence s'impose à l'égard de l'utilisation des nanotechnologies en alimentation humaine et animale.



Certains de ces règlements sont en cours de révision (additifs alimentaires, nouvel aliment) et prévoient de façon plus ou moins explicite la prise en compte de la

taille particulière dans le cadre de l'évaluation de la sécurité d'emploi de ces nouveaux produits. Très récemment (depuis mai 2009), l'Europe vient de se doter d'une réglementation qui prévoit que les « constituants actifs » des emballages actifs et intelligents, dont ceux issus des nanotechnologies, soient évalués.

Par ailleurs, le projet de loi du Grenelle 2 prévoit une déclaration obligatoire des substances nanoparticulaires produites et utilisées en France.

Cependant, il convient de noter dans le cadre des additifs ou auxiliaires technologiques, que des substances peuvent avoir été autorisées et être commercialisées et utilisées dans l'alimentation sous forme nanoparticulaire depuis de nombreuses années. Le dioxyde de silice (SiO_2 , de taille nanométrique) est autorisé comme additif alimentaire (E551) depuis 30 à 40 ans pour ses propriétés anti-agglomérantes.

Un marché difficile à identifier

Selon l'ANIA, une récente enquête de la DGCCRF et les premières réflexions au sein du CIAA, le champ des nanotechnologies ne peut actuellement être considéré comme une réalité commerciale en France, en ce qui concerne les denrées elles-mêmes, mais il est l'objet de recherches et de développements dans certains secteurs comme l'encapsulation, les matériaux de conditionnement ou de revêtement de surface. Les conclusions des investigations d'autres instances européennes (AESA, Agences de sécurité sanitaire Irlandaise ou Allemande par exemple) aboutissent au même constat. La faiblesse des techniques de détection et de caractérisation, le manque de données toxicologiques par voie orale, les impacts possibles sur l'absorption, ainsi que les possibles évolutions réglementaires et les interrogations qui leurs sont liées sont autant d'éléments conduisant à un positionnement prudent des industries agroalimentaires vis-à-vis de formulations de denrées intégrant les nanotechnologies.

Les premières évaluations difficiles

Ce n'est que tout récemment, dans le contexte général des diverses réflexions engagées sur les nanotechnologies, que l'AESA a explicitement considéré l'évaluation de certains produits au regard de la taille nanoparticulaire.

Parmi ces évaluations, deux d'entre elles n'ont pas pu aboutir, soit par un manque de données de toxicité dans le dossier soumis (un complément alimentaire à base d'hydrosol d'argent), soit par rapport à une difficulté rencontrée pour statuer sur le caractère nanoparticulaire d'un composé (lycopène synthétique).

Le seul exemple d'évaluation européenne de dossier industriel clairement identifié comme relevant des nanotechnologies et ayant abouti, concerne le nitrite de titane nanoparticulaire dans du polyéthylène téréphtalate pour bouteille au contact d'aliments liquides. L'AESA a estimé qu'en l'absence de toute migration du plastique vers la denrée, basée sur les simulants conventionnels et les modèles de diffusion, il n'était pas requis de données toxicologiques pour cette application.

Des études de toxicité sont nécessaires

La plupart des études menées sur l'homme et sur les animaux portent essentiellement sur la toxicité par voie respiratoire des particules ultra-fines et plus rarement des nanoparticules manufacturées. Chez l'animal, les effets toxiques pulmonaires observés après instillation respiratoire de nanotubes de carbone sont les plus documentés (inflammation, granulomes épithélioïdes et fibrose).

La toxicité des nanoparticules après ingestion orale est beaucoup moins étudiée. Seules quelques études ont été menées, essentiellement avec des métaux ou des oxydes de métal comme le sélénium, le cuivre et le zinc.

Ces études sont le plus souvent limitées à des conditions d'ingestion par gavage sur une période courte, ce qui reflète mal la façon dont les consommateurs sont exposés. Les quelques résultats rapportés sont souvent discordants et ne permettent pas de conclure à un effet dose, à un effet taille ou à une relation entre les caractéristiques physico-chimiques de la particule et la toxicité. Cependant, les quelques études de toxicocinétique indiqueraient que le tube digestif, le foie et la rate sont les principaux organes cibles.

Pour la plupart de ces études, les caractéristiques physico-chimiques (taille, surface spécifique, taille des agrégats, etc.) des nanoparticules testées ne sont pas précisément décrites alors qu'elles sont essentielles pour comprendre leur toxicité. De même leur interaction avec la matrice alimentaire

est insuffisamment documentée, alors que des phénomènes d'agglomération, d'adsorption, d'interaction avec les biopolymères de la matrice alimentaire et de catalyse des réactions d'oxydation pourraient être à l'origine d'effets encore mal maîtrisés.

Compte tenu de l'insuffisance des données scientifiques disponibles, il n'est pas possible à ce jour d'évaluer les risques sanitaires liés à l'ingestion de nanoparticules. L'Afssa estime en conséquence que la prudence s'impose à l'égard de leur utilisation en alimentation humaine et animale. L'Afssa s'attachera à suivre les acquisitions de connaissance issues des travaux de recherche pour une actualisation de ses réflexions sur l'évaluation des risques des produits entrant dans son champ de compétences.

SYNTHÈSE

L'essentiel des applications des nanoparticules en alimentation humaine et animale est à l'état de projet de recherche et il est difficile d'en objectiver la réalité technologique ou commerciale.

Les propriétés particulières des nanoparticules sont à l'origine d'interrogations sur de possibles risques pour l'homme.

En l'absence de caractérisation précise des dangers (toxicocinétique, toxicité), d'outils de mesure et de connaissance des usages alimentaires potentiels, il n'est pas possible, aujourd'hui, d'évaluer l'exposition du consommateur ni les risques sanitaires liés à l'ingestion de nanoparticules.

Le développement de travaux de recherche doit être soutenu et, dans l'attente de données pertinentes notamment sur l'absorption digestive, la prudence s'impose à l'égard de l'utilisation de nanotechnologies et/ou nanoparticules en alimentation humaine et animale.

En conséquence, l'Afssa estime que l'évolution du dispositif réglementaire devrait exiger une déclaration systématique de ces substances ou produits dans l'alimentation et conduire à des autorisations de mise sur le marché.



))) **afsset** .)))

agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail est une agence publique d'expertise scientifique. Elle évalue les risques sanitaires environnementaux et professionnels (amiants, pesticides, champs électromagnétiques, nanomatériaux...) et réalise des contre-expertises des évaluations de risques liés aux produits soumis aux dispositions européennes (REACH, biocides).

COORDONNÉES

Agence française de sécurité
sanitaire de l'environnement
et du travail

253 ave Général Leclerc

94701 Maisons-Alfort cedex

Tél. : 01 56 29 19 30

Fax : 01 43 96 37 67

http://www.afsset.fr/index_2009.php

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nanomatériaux et sécurité au travail : vers un guide des bonnes pratiques

La recherche et le développement de nanomatériaux s'intensifient, les applications sortent de plus en plus des laboratoires pour rejoindre les chaînes de fabrication de l'industrie. La question des risques sanitaires pour les personnels devient dès lors une priorité.

Dans ce contexte, l'Afsset rassemble **les experts pour faire des recommandations aux preneurs de décisions**. L'Agence a ainsi déjà rendu 2 rapports sur la caractérisation des nanomatériaux (2006) et sur la protection des risques pour les travailleurs (2008). L'Afsset, en accord avec les conclusions des experts, **a recommandé de renforcer les mesures de prévention**,

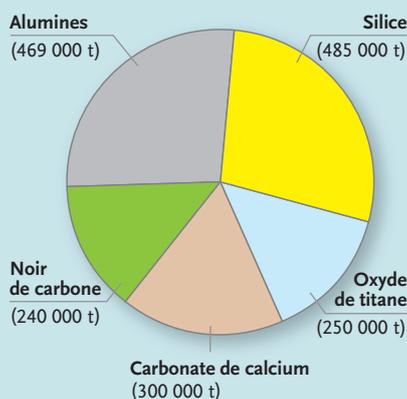
ce que certains industriels ont commencé à appliquer. L'Agence préconise également la mise en œuvre d'un outil innovant : un **guide de bonnes pratiques**. Basé sur le principe de prévention, celui-ci fournit les lignes directrices pour identifier les risques d'expositions des personnels aux nanomatériaux et adopter les mesures de protection adéquates, au sein des établissements comme lors des transports.

Au niveau international, l'Agence pilote et coordonne des projets d'évaluation des risques sanitaires et environnementaux qui permettront ultérieurement l'élaboration de recommandations et d'éventuelles législations adaptées et communes.

Oxyde de titane dans les crèmes solaires, nanoparticules d'argent dans les produits d'hygiène ou les jouets, silice dans les pneus, raquettes de tennis en nanotubes de carbones...

Environ 2 000 nanoparticules manufacturées sont d'ores et déjà commercialisées et on dénombre leur présence dans plus de 600 produits de consommation.

Figure 1 : production annuelle française de nanomatériaux manufacturés (2008)



En France, environ 7 000 employés des laboratoires et plus de 3 200 travailleurs de l'industrie sont potentiellement concernés par l'exposition aux nanomatériaux (2008). Ils travaillent dans le bâtiment, l'automobile, l'emballage, la chimie, l'environnement, l'énergie ou la santé. Or, une enquête menée auprès de ces acteurs fait état de mesures de protection très diverses, en raison de l'absence d'une part de méthodes et d'outils de mesure adaptés, et d'autre part de consignes de protection adaptées et harmonisées.

L'afset fait le point sur l'exposition des travailleurs et des consommateurs aux nanomatériaux manufacturés

L'Afsset a été sollicitée par les ministères de l'écologie, du travail et de la santé pour réaliser trois expertises sur la thématique des nanomatériaux manufacturés. La première expertise (*Les nanomatériaux : effets sur la santé*, paru en 2006) a souligné la contradiction entre l'essor et la multiplication des champs d'application des nanomatériaux manufacturés et les connaissances sur les dangers potentiels qui sont encore lacunaires. Dans son deuxième rapport (*Les nanomatériaux : sécurité au travail*, paru en 2008), l'Afsset a réalisé un état de l'art concernant l'évaluation des risques professionnels liés aux nanomatériaux et a élaboré un guide de bonnes pratiques. Enfin, la troisième expertise, en cours de réalisation, porte sur l'exposition des consommateurs. Un rapport (*Les nanomatériaux : exposition des consommateurs*) sera publié fin 2009.

En parallèle de ces études nationales, l'Afsset participe aux groupes internationaux chargés de définir les fondements de l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux spécifique aux nanomatériaux (OCDE¹, ISO², Commission Européenne). L'objectif principal de ces travaux est de pouvoir aider au développement à un niveau mondial et dans un avenir relativement proche de recommandations et de réglementations communes sur le sujet.

Dans le cadre de l'OCDE, un groupe de travail sur les nanomatériaux manufacturés a été mis en place en 2006. Différents sous-groupes de réflexion ont été formés regroupant tous les états membres ou invités ainsi que des ONG³. L'Afsset coordonne le travail des représentants français dans chacune des réflexions engagées par l'OCDE. Par ailleurs, un de ces sous-groupes construit un programme de parrainage qui consiste à construire une base de données de 59 tests incluant la caractérisation, la toxicité, l'éco-toxicité de 14 nanomatériaux. La France, au travers de l'Afsset, partage la responsabilité du suivi de ce programme pour les nanomatériaux à base de silice et de titane.

La contribution française aux travaux de l'ISO ne se limite pas à une simple participation active dans les différents projets de normalisation du comité des nanotechnologies (ISO-TC229). En effet, la France est à l'initiative et pilote le projet de norme sur la définition de bandes de dangers qui pourrait être un outil d'aide à la gestion des risques professionnels liés aux nanomatériaux. L'Afsset est ainsi en charge de nourrir la réflexion de la délégation française sur le sujet en lui apportant ses compétences techniques et son réseau d'experts.

Au niveau européen, l'Afsset, avec le soutien du ministère de la santé, vient d'être désignée en août 2009 le coordinateur principal d'une action conjointe nommée *NanoGenotox*. Elle réunit 12 pays européens et vise à développer en 3 ans une méthode simple et robuste pour évaluer les risques sanitaires des nanomatériaux manufacturés. Plus précisément, l'évaluation concernera les risques cancérogènes et/ou mutagènes liés aux nanomatériaux.

1. OCDE : organisation de coopération et de développement économiques
2. ISO : organisation internationale de normalisation
3. ONG : organisation non gouvernementale

Vers un guide de bonnes pratiques pour les employeurs

Les employeurs ont la responsabilité générale d'assurer la protection de leurs employés. Cependant, il n'existe pas à ce jour de dispositif réglementaire propre à la protection des travailleurs exposés aux nanomatériaux manufacturés. Par exemple, dans le cadre d'une exposition aux poudres de particules ou encore aux vapeurs d'éléments chimiques (ex. : soudure), les responsables d'entreprise ne trouvent dans la législation française qu'une partie des éléments répondant à leurs devoirs, puisqu'elle n'inclut pas les risques inhérents à l'échelle nanométrique.

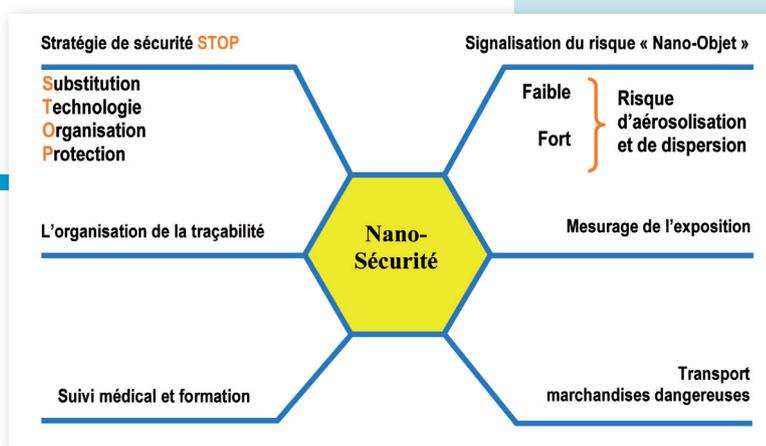
À la vue des incertitudes entourant les effets sanitaires des nanoparticules, l'Afsset a recommandé de considérer celles-ci avec un « niveau de danger inconnu » et, de ce fait, de les manipuler avec la même prudence que celle prise pour les matières dangereuses, c'est-à-dire d'appliquer les procédures de sécurité sanitaire qui sont utilisées pour diminuer l'exposition à ces matières.

Dans le cadre de son rapport « nanomatériaux et sécurité au travail », l'Afsset recommande la mise en œuvre des bonnes pratiques décrites par le groupe d'experts mandaté pour ce travail d'expertise. Ce document recueille d'une part, les pratiques de prévention existantes devant être au *minimum* appliquées et d'autre part, les recommandations adaptées aux dangers spécifiques induits par les nanomatériaux.

Dans ce document sont présentées les grandes lignes des recommandations techniques et organisationnelles présentées dans le rapport de l'Afsset, susceptibles dès à présent d'apporter à l'employeur des éléments complémentaires pour répondre à ses obligations.

Rappels sur les principes de prévention des risques

Les mesures générales de sécurité applicables à tout type d'activité, d'un point de vue organisationnel et technique et, plus particulièrement, celles contenues dans le



code du travail, ne suffisent pas à couvrir les risques potentiels liés aux nanomatériaux. L'employeur devra tenir aussi compte des progrès en matière de prévention des risques potentiels liés aux nanomatériaux manufacturés publiés dans les rapports officiels et les guides de bonnes pratiques disponibles (voir ci-contre « Pour en savoir plus »).

Analyse de risques

Dans le cas d'une nouvelle installation et/ou d'un nouveau projet, il est conseillé d'établir un dossier de sécurité qui contient au minimum des éléments d'information sur la nature des nanomatériaux et les procédés.

Pour les installations existantes et/ou projets antérieurs, il est préconisé de procéder à une analyse de risques du poste de travail incluant ces mêmes données. Enfin, toutes les personnes susceptibles d'être exposées de façon permanente ou occasionnelle doivent être prises en compte.

Principes de « Nano-Sécurité »

L'application d'une stratégie de priorité dans les mesures de prévention conformément au principe **STOP** est recommandée :

- > **Substitution** : soit par remplacement de la substance toxique, soit par le remplacement de sa nature physique ou l'optimisation des procédés de fabrication ;
- > **Technologie** : établir une barrière entre l'opérateur et les substances ou les procédés potentiellement dangereux. On élimine ainsi efficacement l'exposition au danger ;
- > **Organisation** : minimiser le nombre de personnes entrant dans des zones avec des expositions probables, élaborer des plans d'opérations pour le quotidien, élaborer des plans d'opérations pour des incidents ou accidents éventuels, informer, former et contrôler le personnel ;

Figure 2 : représentation schématisée du guide de bonnes pratiques recommandés par l'Afsset à destination de l'industrie manipulant les nanomatériaux manufacturés.

> POUR EN SAVOIR PLUS

Rapports français

« Nanomatériaux et sécurité au travail »
Saisine Afsset n°2006/006 :
http://www.afsset.fr/index_2009.php

« Nanotechnologies, nanoparticules : quels dangers ? quels risques ? »
Avis du Comité de la Prévention et de la Précaution (CPP) :
<http://www.ecologie.gouv.fr/Avis-du-Comite-de-la-Prevention-et.html>

Les « Guides des bonnes pratiques » étrangers

Le guide du BAUA-VCI allemand
www.baua.de/nn_49456/en/Topics-from-A-to-Z/Hazardous-Substances/Nanotechnology/pdf/guidance.pdf

Guide de bonne pratique du BSI (Institut britannique de standardisation)
www.bsi-global.com/upload/Standards%20&%20Publications/Nanotechnologies/PD6699-1.pdf

> **Protection** : les recommandations sur les équipements de protection individuelle détaillent les équipements et les bonnes pratiques constituant le dernier recours contre le risque professionnel dans le cas où les précédentes mesures de prévention ne suffisent pas.

En l'absence de normes spécifiques, la signalisation des risques « nano-objets » devrait s'effectuer en fonction de deux niveaux de situation :

- > situation à faible risque d'aérosolisation et/ou de dispersion,
- > situation à fort risque d'aérosolisation et/ou de dispersion.

Un pictogramme de signalisation universel reste à adopter.

L'établissement concerné devra assurer la **traçabilité et l'archivage des informations** concernant l'exposition résiduelle et les conditions de travail des salariés, vis-à-vis du risque « nano-objets ». Cela pourrait être réalisé par l'intermédiaire d'une fiche d'exposition individuelle, établie pour toute personne potentiellement exposée. Un double de cette fiche sera transmis au service médical et sera conservé dans le cadre du suivi des opérateurs concernés.

Afin **d'évaluer l'exposition résiduelle par inhalation** des opérateurs aux nanomatériaux et dans la mesure des moyens de métrologie disponibles, il sera effectué des mesurages de l'air ambiant des locaux ainsi qu'auprès des personnes, en fonction de l'analyse de risque. Ces mesurages viseront à distinguer les nanomatériaux manufacturés émis dans les atmosphères de travail du bruit de fond ambiant, afin de les caractériser aussi précisément que possible. L'inhalation n'étant pas la seule voie possible, la recherche d'**indicateurs pour d'autres voies** de contaminations est préconisée.

Le **suivi médical et la formation des travailleurs** nécessitent préalablement que les médecins du travail soient informés des propriétés spécifiques des nanomatériaux manufacturés dans le domaine de la toxicologie, des modalités d'évaluation des expositions et des moyens de prévention.

Enfin, concernant **les transports sur la voie publique et/ou à l'intérieur du site** (industriel ou scientifique), les dispositions de prévention se rapprocheront des règles en vigueur relatives au transport des marchandises dangereuses (catégorie de matières faiblement toxiques à très toxiques). En particulier, le principe de double enveloppe sera à mettre en œuvre après analyse de la quantité et de la capacité d'aérosolisation et/ou de dispersion des nanomatériaux.

SYNTHÈSE

Face aux incertitudes actuelles sur les risques associés à l'exposition des professionnels aux nanomatériaux, l'Afsset préconise l'adoption d'un système de prévention des risques :

- > principe STOP (Substitution, Technologie, Organisation, Protection individuelle) ;
- > signalisation spécifique du risque « nano-objet » ;
- > traçabilité des produits ;
- > mesurage de l'exposition ;
- > formation à la sécurité et suivi médical spécifiques ;
- > dispositions particulières relatives au transport.

L'accroissement du nombre de projets destinés à renseigner ces incertitudes prédit une évolution à moyen terme de la réglementation tant au niveau national qu'international.

Le système préconisé par l'Afsset a aussi pour ambition d'amener toutes personnes de l'industrie, en particulier celles en charge de l'Hygiène Sécurité Environnement, à s'interroger sur la présence éventuelle de nanomatériaux dans le cadre de leurs activités.

Enfin, parce que les nanomatériaux, et plus généralement les nanotechnologies, suscitent un certain nombre d'interrogations et d'inquiétudes dans l'opinion, l'Afsset s'investit dans la veille du débat public et publie systématiquement les résultats de ses expertises sur son site www.afsset.fr.





Association Française
Transhumaniste : Technoprog !

Cette association s'est donnée pour objet de : « diffuser les thématiques et les questionnements relatifs aux technologies susceptibles d'améliorer et de prolonger la vie des individus et de l'espèce humaine. L'association se propose de promouvoir ces technologies, liées notamment au fonctionnement corporel et aux conditions de vie, aussi bien dans les domaines scientifiques, philosophiques, artistiques, etc. »

(extrait des statuts de l'association)

COORDONNÉES

Association Française
Transhumaniste : Technoprog !

4 rue de Brissac
75004 Paris

Tél. : 0677 855 733

<http://transhumanistes.com>

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nanotechnologies ? : une réponse transhumaniste

Aller au bout des questions essentielles

Les nanotechnologies sont assurément au cœur de la Convergence Technologique actuelle (dite souvent NBIC, pour Nanotechnologies, Biotechnologies, sciences de l'Information et science Cognitives). Celle-ci laisse envisager des transformations considérables.

Les débats en cours tentent de trouver un équilibre entre les possibilités portées par ces technologies et les exigences de contrôle et de précaution que nécessite l'arrivée de produits totalement nouveaux, dont on ne sait encore presque rien en terme de nocivité pour l'homme et son environnement.

Certains acteurs du débat argumentent en faveur des nanotechnologies, tombant parfois dans l'excès d'un optimisme quasi scientifique. D'autres expriment toutes les craintes, voire les phobies possibles face à ce qui peut être vécu comme un nouvel outrage à la Nature. Ils tombent dans l'excès du catastrophisme. Certains enfin, les plus nombreux sans doute, cherchent un juste milieu.

A tous néanmoins, nous voudrions adresser la réflexion suivante.

Dans le cadre du présent débat sur les nanotechnologies, on entend souvent dire que ces techniques sont susceptibles de changer jusqu'à la « nature » de l'humain et que donc elles entraînent des interrogations, voire des craintes légitimes. Il est dit aussi que les scientifiques ne répondent pas à la question : « pourquoi avons-nous besoin des nanotechnologies ? ». Ces mêmes scientifiques renvoient régulièrement la question en disant : « C'est un choix de société, cela relève de la société civile. »

Mais il paraît bien rare que des propositions de réponses soient formulées...

La révolution nanotechnologique pose des questions essentielles

La Convergence Technologique ne nous questionne pas seulement sur ce que seront les bons choix politiques ou économiques, sur ce qui permettra de respecter les équilibres écologiques ou sur ce qui garantira le mieux la santé publique.

La phase d'accélération dans laquelle nous nous trouvons d'ores et déjà engagés nous pousse à nous interroger sur des sujets qui mettent en question notre identité en tant qu'êtres humains :

> Par les modifications qu'elle permet, cette phase d'accélération remet en cause des valeurs culturelles liées à ce que sont la Nature, l'Humain et l'Humanité.

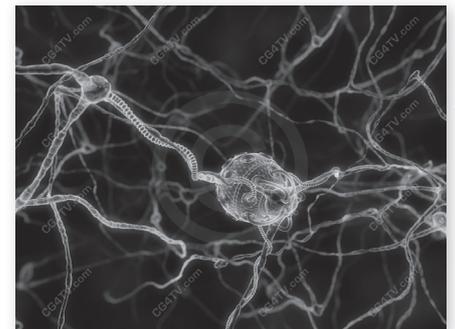
Ainsi, sommes-nous amenés à nous demander à nouveau s'il existe une ou des caractéristiques propre à l'humain, et si oui quelles sont-elles ? ou encore, Qu'est-ce vraiment que l'état de Nature ?

> Cette nouvelle révolution porte également sur les modifications possibles des individus. Se pose alors la question de la liberté accordée à ces derniers et du degré de contrôle exercé par l'Etat. Considérons nous que l'Etat doit légiférer et décider du corps des individus ? Quelles seront les conséquences réelles des libertés accordées ou des interdictions imposées ? La loi doit-elle trancher, pour tout un pays, sur la base d'une philosophie, ou d'une tradition religieuse ou non ? Ou bien régulerons-nous en fonction des effets concrets que des individus modifiés auront sur la Société ?

La révolution nanotechnologique tend à des transformations radicales

Que les nanotechnologies tendent à modifier au fond la Nature, l'Humain et l'Humanité nous est montré par de multiples exemples.

Pour ce qui est de la Nature, c'est la définition même des Nanotechnologies qui le précise, puisqu'il est question de techniques (transformation de la nature par la main de l'homme) intervenant à l'échelle moléculaire ou atomique. Les matériaux nouvellement créés n'existent pas à l'état naturel. Ils possèdent des propriétés inouïes. Mais ce qui renforce leur aspect révolutionnaire, ce peut être, selon les matériaux ou les techniques, leur capacité à modifier le «naturel» qui les environne par leur propre fait. Dans le cas des matériaux, nous pourrions citer – côté optimiste, les projets de dépollution des hydrocarbures, ou – côté catastrophiste, le scénario de science-fiction de la «gelée grise» auto-répliquante à l'infini et susceptible de tout envahir.



Nanorobot remplaçant un neurone.

Concernant l'Humain, les projets ne manquent pas non plus : Nanomédecine tout d'abord (thérapies pratiquées par des nanorobots injectés dans l'organisme, médicaments délivrés par nanocapsules) avec pour conséquence possible un allongement encore important de l'espérance de vie, mais bientôt, nano augmentations de tous ordres, grâce à des nano implants, afin d'améliorer les capacités motrices, perceptives ou cognitives du corps ou du cerveau. De telles perspectives amènent à s'interroger sur les conséquences, négatives ou positives d'une éventuelle diversification de l'espèce.

Il apparaît donc que de telles transformations peuvent avoir un impact sur notre « humanité », au sens de caractéristique de l'individu humain, ainsi que sur l'Humanité, ensemble de ces individus.

La révolution nanotechnologique exige une réflexion sur l'Humain

Il ne peut y avoir de réflexion sur les nanotechnologies sans réflexion sur nos objectifs finaux, lesquels dépendent de notre point de vue sur ce que nous sommes.

Les mêmes éternelles questions doivent être présentes à l'esprit de chacun :

Ontologiques :

- > Y a-t-il un être Humain ?
- > Qu'est-ce que l'Humain ?
- > Qu'est-ce que l'Humanité ?

Ethiques :

- > Quels sont nos objectifs ?
- > Que faire pour les atteindre ?
- > Dans quel cadre politique les décisions sont-elles prises ?

(Qui a le pouvoir de décision sur le corps des citoyens ?)

Une réponse «trans-humaniste»

Les réponses à ces interrogations sont bien évidemment nombreuses, anciennes, portées par des siècles de pensée religieuse, philosophique, spirituelle ou matérialiste. Il faudra essayer de faire émerger des consensus.

Mais pour l'instant, nous voudrions essayer de vous présenter une vision des choses, laquelle correspond à peu près à celle des personnes se réclamant, en France, du mouvement de pensée dit «Transhumanisme».

Y a-t-il un «être» Humain ? Qu'est-ce que l'Humain ? Qu'est-ce que l'Humanité ?

Pour les Transhumanistes, l'approche qui prévaut en général est celle du matérialisme. L'Humain n'est qu'un composé

complexe de la matière. Il est le fruit d'une longue évolution biologique, mais, de même qu'il ne se situe pas à l'origine de cette évolution, il n'en constitue probablement pas la fin ! Il n'y a pas de raison pour que l'évolution qui est devant nous soit moins longue, et moins riche en péripéties que celle qui est derrière nous. Pour les Transhumanistes, il n'y a pas un «être» humain intemporel. Ils se placent donc radicalement dans le camp des partisans d'une «mutabilité» de l'Humain.

Cette mutabilité de l'Humanité, sa capacité à modeler sa nature tout autant que la Nature constituent à la fois un des traits essentiels de son identité et une des conditions nécessaires à sa survie à long terme.

Au contraire, rien de rationnel ne permet de prétendre à une quelconque immuabilité de la Nature, dont l'Humain et l'Humanité feraient partie intégrante.

Quels sont nos objectifs ?

Pourtant, les mêmes clament haut et fort leurs attaches humanistes. **Ils admettent que le but ultime de l'espèce humaine est simplement sa propre perpétuation.** Mais qu'est-il question de perpétuer si l'on admet que peuvent changer considérablement la pensée humaine et le support matériel qui l'abrite ?

C'est un débat en cours. Certains Transhumanistes sont à la recherche de ce qui pourrait être l'ensemble des critères qui feraient qu'une pensée soit infailliblement reconnue comme humaine. Ou bien, ce qui est « important » se trouve-t-il dans la continuité ? Ce qui importe serait que nous soyons à la source, que la prochaine évolution vienne de notre « origine » ?

Que faire pour les atteindre ?

A partir de là, la réflexion sur l'usage des nanotechnologies, comme de toute technologie en général, s'éclaire : le développement des nanotechnologies est souhaitable dans la mesure où il participe à l'augmentation des possibilités de

l'humanité, où il contribue à perpétuer son existence et sa pensée.

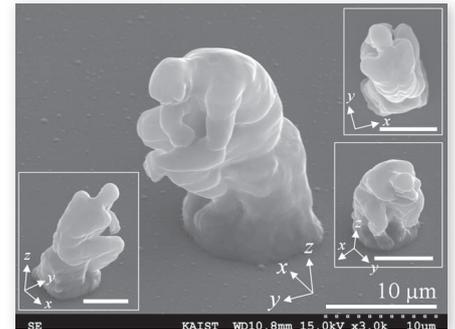
Donc, les Transhumanistes français proposent de considérer que l'on peut assumer les responsabilités qui accompagnent les nouvelles possibilités offertes, que l'on peut chercher l'équilibre entre la liberté des individus concernant leur corps et l'effet des modifications sur la société ; que l'on peut enfin assumer la diversité des individus composant une société de tolérance.

Bien entendu, pour longtemps encore, il est hautement probable que la pensée humaine demeure liée au corps – plus ou moins celui que nous connaissons. Il sera donc nécessaire de préserver les équilibres dont ces corps dépendent : une planète viable, une ou des sociétés humaines suffisamment stables et dynamiques à la fois.

Notons bien qu'il n'y a pas urgence. L'Humanité n'est pas menacée au point d'avoir à tout prix besoin que ces technologies soient développées le plus vite possible quitte à prendre les plus grands risques.

Ainsi, **notre morale, et notre éthique, doivent être guidées par les impératifs écologiques, sociaux et politiques.**

Les nanotechnologies doivent être développées pour autant que leur emploi permet de renforcer les chances de perpétuation de la pensée humaine.



© Dong-Yol Yang et al., Applied Physics Letters

Comme toutes nouvelles technologie, les Nanotechnologies permettent aux artistes d'étendre leur champ d'expérimentation et de création. Ici, un «penseur de Rodin» à l'échelle nanométrique (sa hauteur est deux fois celle d'un globule rouge).

SYNTHÈSE

- > Oui aux nanotechnologies dans tous les domaines, sans aucun tabou.
- > Oui aux contrôles nécessaires lors des recherches, et dans tout processus en amont de la dissémination.
- > Oui à la recherche systématique du recyclage en aval.

Dans tous les cas, cela signifie bien davantage de moyens pour la recherche.



ania

Association Nationale des
Industries Alimentaires

Créée en 1968, l'ANIA est le porte-parole de l'industrie alimentaire française, premier secteur industriel national avec un chiffre d'affaires de 162,9 milliards d'euros en 2008. Constituée de plus de 10 000 entreprises, dont 97 % de PME, elle est le second employeur industriel avec 412 500 salariés. Interlocuteur privilégié des pouvoirs publics, l'ANIA apporte son expertise sur les dossiers prioritaires du secteur, tels que l'alimentation et la santé, la compétitivité des entreprises, la recherche et l'innovation, le développement durable, la politique sociale, etc.

COORDONNÉES

ANIA – Association nationale
des industries alimentaires
21 rue Leblanc
75015 Paris
Tél. : 01 53 83 86 00
Mail : infos@ania.net
www.ania.net/fr/

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nanotechnologies et alimentaire

Engagement des industriels à respecter des règles strictes pour la sécurité des consommateurs

En préambule, l'ANIA souligne que, de manière générale, les innovations technologiques apparaissent comme **propices au développement de la compétitivité des entreprises**. Ces innovations peuvent notamment contribuer à apporter des éléments de réponse aux défis liés à l'augmentation de la population mondiale, à la pression sur les ressources naturelles, aux changements climatiques ou à l'augmentation du coût des matières premières.

L'ANIA insiste sur le fait que le domaine alimentaire est très encadré et que **tout usage de nouvelle substance à destination de l'alimentation humaine est fortement réglementé et contrôlé**.

Ainsi, tout éventuel usage de nanotechnologies ne pourrait se faire sans évaluation et autorisation préalable. Au regard de la définition retenue dans le cadre de la révision du règlement sur les aliments nouveaux, les industriels de l'agroalimentaire déclarent ne pas introduire dans les aliments de nanomatériaux manufacturés intentionnellement dans le but d'une modification de leurs propriétés.

Dans la mesure où ces techniques présentent potentiellement de réels bénéfices, il apparaît nécessaire **d'encourager la recherche et le développement** dans ce domaine, y compris sur les moyens permettant d'assurer la sécurité des consommateurs et de l'environnement.

De quoi parle-t-on ?

A ce jour, il n'existe pas encore de définition officielle des nanomatériaux. L'ANIA retient celle retenue en première lecture dans le cadre de la révision de la réglementation relative aux aliments nouveaux¹ :

« Les nanomatériaux correspondent à des matériaux manufacturés **intentionnellement**, > dont l'une (ou plusieurs) dimension(s) est (sont) de l'ordre de 100 nm ou moins, > ou composés de parties fonctionnelles, internes ou surfaciques, dont plusieurs ont une (ou plusieurs) dimension(s) de l'ordre de 100 nm ou moins, ce qui inclut les structures, les agglomérats ou agrégats qui peuvent avoir une taille supérieure à 100 nm, mais qui possèdent les propriétés caractéristiques de l'échelle nanométrique.

Les propriétés caractéristiques de l'échelle nanométrique incluent celles relatives à la surface du matériau considéré, ou sont physico-chimiques. »

Plusieurs critères sont donc à considérer : la taille seule ne peut pas permettre de caractériser un nanomatériau. **Le matériau doit avoir été produit ou réduit à l'échelle nanométrique de manière intentionnelle, dans le but de lui conférer des propriétés nouvelles.**

Il ne s'agit donc pas de cibler les nano-substances ou les nano-objets présents à l'état naturel. Les aliments sont par nature nanostructurés. La cuisine est une forme de nanotechnologie traditionnelle ! Ainsi, dans une émulsion, une fraction des gouttelettes est naturellement à l'échelle nanométrique. Il est possible d'augmenter la proportion de cette fraction, ce qui a pour effet de modifier sensiblement la texture. Il ne s'agit pas là de la mise en œuvre de nanotechnologies au sens d'un procédé technique, mais d'une réaction naturelle.

Par ailleurs, on peut trouver des nanostructures **naturellement présentes dans les produits alimentaires**. Il ne s'agit pas de nanomatériaux manufacturés, intentionnellement réduits à l'échelle nanométrique, mais de nanostructures

auto-assemblées, tenues ensemble par un phénomène d'attraction.

Quelles utilisations dans l'alimentaire ?

A ce jour, les industriels de l'agroalimentaire en Europe déclarent ne pas utiliser de nanomatériaux tels que définis ci-dessus dans la fabrication de leurs produits. Les recherches doivent être poursuivies dans ce domaine avant que de telles applications voient le jour.

En effet, il existe de **nombreuses applications potentielles** des nanotechnologies dans le domaine alimentaire. L'industrie alimentaire estime que **ces technologies pourraient apporter des bénéfices directs en termes de conservation des aliments, de préservation des qualités nutritives et sensorielles, de décontamination microbiologique, de réduction de l'empreinte environnementale, etc.** Par exemple, les nanotechnologies pourraient permettre de préserver certains ingrédients « actifs » : en insérant la molécule au sein d'une enveloppe protectrice, la nano-encapsulation permettrait une libération ciblée dans l'organisme. La recherche porte également sur les textures et les saveurs. Ainsi, les nanotechnologies pourraient permettre de mettre au point des produits à faible teneur en graisses tout en conservant une texture onctueuse.

Certains matériaux d'emballage contiennent des matériaux nanostructurés contenus dans une matrice, laquelle confère des propriétés d'étanchéité : l'absence de migration dans les produits alimentaires a été démontrée. En 2008, l'Autorité européenne de sécurité des aliments a ainsi autorisé l'utilisation de nanoparticules de nitrure de titane dans des emballages en PET².

Par ailleurs, la recherche est également particulièrement importante dans le domaine des emballages. On peut citer par exemple les nanoparticules d'argile qui peuvent ralentir voire bloquer le passage des gaz.

1. Document du Conseil du 17 juin 2009 (17054/09), dans le cadre de la proposition de règlement concernant les nouveaux aliments présentée par la Commission le 14 janvier 2008, (2008/0002 (COD)).

2. 21^e liste de substances présentes dans des matériaux en contact avec les aliments, adoptée le 27 novembre 2008.

Elles permettent ainsi une meilleure conservation des aliments grâce à une quasi-étanchéité de certains matériaux. Certaines nanoparticules d'argent peuvent apporter aux emballages des propriétés antimicrobiennes.

La réglementation encadrant les nanotechnologies

Le domaine alimentaire est l'un des plus régulé en Europe. La réglementation spécifique à l'industrie agroalimentaire est très stricte et permet déjà de couvrir l'éventuelle utilisation de nanotechnologies par le biais de plusieurs textes.

Selon le règlement cadre n° 178/2002 du 28 janvier 2002³, toute **denrée alimentaire doit garantir la sécurité du consommateur**. La mise sur le marché d'une denrée alimentaire dangereuse est donc interdite.

Le règlement (CE) n° 258/97 du 27 janvier 1997⁴ relatif aux aliments nouveaux permet également de couvrir l'utilisation éventuelle de nanotechnologies, puisqu'il prévoit l'évaluation et l'autorisation préalable de tout nouvel aliment ou ingrédient :

- > Objectif : garantir la sécurité du consommateur.
- > L'aspect « nanotechnologique » de l'aliment ou de l'ingrédient est un élément particulier du dossier scientifique déposé en vue de l'autorisation.
- > **Un ingrédient traditionnel modifié pour des propriétés liées à l'échelle nanométrique devrait faire l'objet d'une autorisation préalable à sa commercialisation.**

Dans le cadre de la révision de ce texte, il est expressément tenu compte des nanotechnologies :

- > « *Les nouveaux aliments doivent par conséquent englober (...) les aliments modifiés au moyen de nouveaux procédés de production tels que les nanotechnologies et les nanosciences, qui peuvent avoir un effet sur les aliments.* »

Au sein du paquet « agents d'améliorants » (règlements additifs, arômes, enzymes et procédure d'autorisation) publié le 31 décembre 2008, le cas des nanotechnologies est expressément pris en compte dans le texte sur les additifs⁵ :

- > Le considérant 13 et l'article 12 rappellent que « *lorsque s'agissant d'un additif alimentaire déjà inclus dans une liste communautaire, les méthodes de production ou les matières premières utilisées font l'objet d'une modification notable, ou lorsqu'intervient une modification dans la taille des particules, par exemple par l'emploi de nanotechnologies ; l'additif produit avec ces nouvelles méthodes ou matières premières est considéré comme un additif différent et une nouvelle entrée ou modification des spécifications dans les listes communautaires est nécessaire avant qu'il puisse être mis sur le marché* ».

Il existe par ailleurs de nombreux autres textes qui peuvent potentiellement couvrir les nanotechnologies dans le domaine des matériaux au contact, de l'hygiène, des pesticides, des médicaments vétérinaires, etc.

Il ne nous semble pas nécessaire que soit mise en place une législation spécifique aux nanotechnologies. Cela dit, il est important d'être attentif sur les textes existants et de les adapter si cela s'avérait nécessaire. Le cadre réglementaire doit être suffisamment flexible pour permettre son adaptation aux progrès scientifiques.

L'information du consommateur

Les nanotechnologies peuvent présenter des bénéfices potentiels pour les consommateurs. Ainsi, le public devrait être informé sur les activités de recherche sur les nanotechnologies dans le domaine alimentaire.

Annuellement, la Commission européenne organise une session de dialogue avec les parties prenantes sur les nanotechnologies. Ces journées de discussions permettent

3. Règlement (CE) n° 178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.

4. Règlement (CE) n° 258/97 du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 1997 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires.

5. Règlement (CE) n° 1333/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 sur les additifs alimentaires.

les échanges entre les industriels, les instances d'évaluation du risque, les pouvoirs publics et les consommateurs. Elles doivent se poursuivre.

Par ailleurs, au niveau national, l'ANIA s'est fortement impliquée dans les travaux du Conseil national de l'Alimentation (CNA) sur les nouvelles technologies dans l'alimentaire. Dans son avis adopté le 10 mai dernier⁶, le CNA recommande que, pour toute nouvelle technologie, soit mis en place un processus de concertation dynamique, impliquant l'ensemble des parties prenantes, ce qui permettra notamment de mieux informer les consommateurs. L'ANIA salue cette recommandation et a beaucoup insisté sur la nécessité d'une large diffusion, par l'ensemble des acteurs, en particulier les associations de consommateurs, des informations recueillies dans le cadre de cette concertation.

L'évaluation scientifique

L'ANIA souligne l'avis du CNA sur les nouvelles technologies qui recommande la stimulation des programmes de recherche sur la méthodologie d'évaluation des risques liés aux nouvelles technologies. En effet, ces développements sont nécessaires pour pouvoir autoriser la mise sur le marché de produits issus de ces nouvelles technologies.

L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA) souligne dans son rapport de mars 2009⁷ que les quatre étapes de l'évaluation des risques (identification du danger, caractérisation du danger, exposition et caractérisation du risque) sont applicables aux nanoparticules. Cela dit, en raison des propriétés spécifiques des nanoparticules, il est nécessaire d'adapter ces méthodes. L'AFSSA demande un soutien du développement des travaux de recherche.

SYNTHÈSE

Malgré l'absence de définition officielle, les industriels de l'alimentaire se sont saisis de ce sujet et se réfèrent aujourd'hui à la définition proposée par le Conseil dans le cadre du règlement sur les aliments nouveaux. De manière générale, les professionnels s'impliquent activement dans les discussions communautaires entre les parties prenantes. Les débats en cours ont vocation à préciser le cadre réglementaire existant de manière à encadrer au mieux ces nouvelles technologies. Les travaux sur la révision du règlement sur les aliments nouveaux sont sur le point d'aboutir et permettront d'encadrer explicitement les nanomatériaux, en prévoyant leur évaluation et

leur autorisation. Les professionnels s'engagent d'ores et déjà à respecter ces règles de manière à garantir la sécurité du consommateur.

L'industrie alimentaire se félicite que le cadre réglementaire se mette en place avant même que la recherche et le développement dans le domaine des nanotechnologies n'ait abouti à la mise sur le marché de matériaux innovants dans le domaine alimentaire. Ce contexte favorable permettra à ces innovations de se développer dans un cadre précisément défini.

Les nanotechnologies peuvent potentiellement permettre des innovations dans le domaine

alimentaire. Ainsi, il nous paraît souhaitable d'encourager la recherche dans ce domaine. En effet, leur utilisation doit se faire de manière responsable et requiert des recherches scientifiques approfondies. Notre secteur reste attentif à l'avis des experts pour orienter l'évaluation de la sécurité.

Notre préoccupation première est d'assurer la sécurité du consommateur, garantie par les nombreuses obligations pesant sur le secteur : tout usage nouveau de nanomatériaux intentionnellement manufacturés est couvert par un texte communautaire.

6. Avis n° 65 du CNA sur « le développement de nouvelles technologies dans la fabrication, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires ».

7. Rapport de l'AFSSA de mars 2009 « Nanotechnologies et nanoparticules dans l'alimentation humaine et animale ».



L'Académie nationale de médecine est l'héritière de l'Académie de chirurgie fondée par Louis XV et de la Société royale de médecine, toutes deux dissoutes à la Révolution. Elle naît à l'initiative du Baron Portal, médecin de Louis XVIII. Ses membres ne sont pas nommés mais élus par leurs pairs. Selon l'ordonnance royale de 1820 : « Cette Académie sera spécialement instituée pour répondre aux demandes du gouvernement sur tout ce qui intéresse la santé publique, et principalement sur les épidémies, les maladies particulières à certains pays, les épizooties, les différents cas de médecine légale, la propagation de la vaccine, l'examen des remèdes nouveaux et des remèdes secrets, tant internes qu'externes, les eaux minérales naturelles ou factices, etc. ... elle s'occupera de tous les objets d'étude ou de recherches qui peuvent contribuer au progrès des différentes branches de l'art de guérir. »

COORDONNÉES

Académie nationale de médecine
16, rue Bonaparte
75006 PARIS
Tél. : 01 42 34 57 70
Fax : 01 40 46 87 55
administration@academie-medecine.fr
<http://www.academie-medecine.fr>

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nano sciences et médecine

C-H. Chouard & E. Milgrom
(Résumé du Rapport et des recommandations de l'Académie nationale de médecine)

Une des caractéristiques du nanomonde est l'apparition, pour certaines substances, de propriétés nouvelles, notamment biologiques, à mesure que leur taille diminue. De leurs applications sont issus beaucoup des progrès récents de la médecine. Dans ce Cahier, nous appellerons « nano-objets » les structures de taille nanométrique volontairement fabriquées par l'ingéniosité de l'homme. Nous ne traiterons pas des nanoparticules de la pollution environnementale, même quand certaines sont le fruit involontaire de l'activité humaine (voitures, chauffage, etc.).

Les progrès médicaux dus aux Nanotechnologies

Les Nanosciences, en accroissant les capacités des mémoires informatiques, ont révolutionné les performances de toute l'électronique médicale, implantée ou non. Mais c'est dans la qualité du diagnostic et dans la puissance des traitements que les progrès apportés sont les plus spectaculaires.

Les techniques nanométriques permettent un **diagnostic** rapide, fiable, ultrasensible et peu onéreux, fondé sur les données fournies par un ensemble de plus en plus spécialisé de biopuces et de marqueurs moléculaires. Dans quelques cas, on parvient déjà à un véritable diagnostic biologique individuel : ceci permet de réaliser, dans certaines affections, des traitements hautement spécifiques, tenant

compte des particularités propres à chaque patient. On commence à voir ainsi apparaître ce qui sera peut-être dans le futur une véritable **médecine personnalisée**, tenant de mieux en mieux compte des particularités de chaque individu. En outre, l'imagerie moléculaire, maintenant réalisable chez l'animal, permet de déceler sur un sujet vivant une anomalie cellulaire dans les phases les plus précoces d'une maladie, avant même que celle-ci se traduise par un changement dans la structure des tissus ; même si elle n'a pas encore d'application chez l'homme, notamment sur le plan diagnostique, cette technique accélère considérablement la mise au point des médicaments nouveaux.

L'amélioration de la qualité des **traitements** repose notamment sur le transfert ciblé des médicaments, qui est maintenant possible dans beaucoup d'affections. Le principe de cette « vectorisation » est de fabriquer des médicaments dont la structure physique est nouvelle : par exemple, certains sont constitués d'une capsule nanométrique, qui contient la substance médicamenteuse, et dont, en plus, la surface extérieure est recouverte par une substance qui est attirée par les tissus malades ; au contact de ceux-ci, la capsule se dissout, et le médicament proprement dit s'applique directement sur les lésions, sans diffuser dans l'ensemble de l'organisme. On obtient ainsi une diminution des doses prescrites, une baisse de la toxicité et une meilleure tolérance thérapeutique.

Beaucoup d'autres avancées thérapeutiques récentes sont indirectement dues aux retombées techniques des nanosciences. Citons les stimulateurs cardiaques, sensoriels (implants auditifs), neurologiques (intracérébraux ou périphériques), les biosenseurs pilotant un traitement ou guidant la recherche pharmacologique, la réalisation de caméras digestives ou montées sur cathéters, etc. Et puis, la médecine, comme l'ensemble de notre quotidien, commence à bénéficier presque à son insu de la convergence des nanosciences avec les **techniques de l'information** et des **sciences cognitives** : pour un amputé du bras, par exemple, la télécommande par la pensée du patient d'une prothèse robotisée est maintenant possible.

Cette convergence permet d'espérer parvenir à traiter les déficiences physiques et sensorielles de l'être humain.

Les risques éventuels des Nano-Technologies pour la santé de l'homme

Comme toute invention humaine, les nano-technologies présentent un revers : celui de leurs risques potentiels, qui impliquent beaucoup de vigilance. Il appartient aux médecins de se préoccuper aussi bien des **risques environnementaux** potentiels auxquels les nonanoobjets pourraient exposer la population (notamment par la dispersion non contrôlée des produits usagés), que des risques éventuels encourus, bien sûr par le patient qui en bénéficie, mais aussi par les **personnels des entreprises**, qui fabriquent ou utilisent des nano-objets dans leurs procédures industrielles. La médecine du Travail est particulièrement concernée dans la prévention de ces risques et la veille sanitaire concernant leurs effets éventuels.

Cependant, si les recherches dans le domaine des nanosciences sont mondiales et intenses, les études sur les risques éventuels de ces nouvelles technologies et de

leurs conséquences font partie de la plupart des programmes scientifiques en cours, justement en raison des expériences passées et de l'obligation de précaution. Il est remarquable que le développement des nanotechnologies, pendant ces vingt dernières années, se soit fait progressivement et sans accident majeur.

Comme c'est le cas pour toutes les substances, la toxicité des nanomatériaux dépend en grande partie de leurs concentrations. C'est pourquoi, à l'heure actuelle, les effets délétères de la nanoindustrie, qui déjà prend les plus grandes précautions, apparaissent moins probables que ceux des nano particules issues de la pollution environnementale, et ceci pour plusieurs raisons :

- 1/ On en prévient aujourd'hui les risques les plus vraisemblables, en raison justement de l'expérience acquise, d'une part en matière de pollution atmosphérique, et d'autre part à propos de l'amiante. Cette expérience est largement mise à profit dans la fabrication des nanomatériaux, notamment des tubes de carbone, bien qu'il n'existe encore pour la nano-industrie aucune réglementation particulière.
- 2/ De plus, la fabrication de ces nanomatériaux implique, en elle-même, afin d'éviter toute nano-souillure, l'emploi presque généralisé de salles blanches.
- 3/ C'est pourquoi la manipulation des nanomatériaux par leurs constructeurs et leurs utilisateurs expose normalement ceux-ci à des doses particulièrement faibles.
- 4/ Quant à l'administration à l'homme de nano-objets, elle est soumise à la contraignante réglementation de la mise sur le marché des médicaments et des matériaux implantés, impliquant des essais expérimentaux et cliniques approfondis, ce qui en a jusqu'à présent sécurisé l'emploi.

Mais si on dispose de travaux nombreux concernant les dangers des nanoparticules de la pollution environnementale, en revanche on ne dispose que de peu d'études animales évaluant ceux des nano-objets manufacturés, notamment à long terme. Pourquoi actuellement sait-on si

peu de choses sur la réalité et les mécanismes de cette toxicité redoutée pour l'ensemble des objets nés des nanotechnologies ?

Essentiellement pour deux raisons :

1/ Cette activité est récente, moins de vingt ans. Elle est restée longtemps très réduite, cantonnée dans les laboratoires de recherches fondamentales et appliquées. Son développement industriel n'a vraiment débuté qu'avec le siècle. C'est pourquoi, à moins d'une très forte dangerosité, la possibilité de voir apparaître rapidement des effets adverses insoupçonnés est faible.

2/ La multiplicité des métrologies nécessaires pour les nano-objets a rendu difficile jusqu'ici **la définition de l'ordre des priorités des recherches**. On ne dispose que d'études fragmentées, sans conceptualisation d'ensemble. Car ces risques sont sûrement différents suivant les propriétés physiques, chimiques et biologiques des nano-objets, leur concentration, leur mode d'utilisation, leur durée de vie et leur mode de dégradation dans l'environnement.

Pour chaque nano-objet, il faudra disposer d'un dossier toxicologique complet, car aucune généralisation n'est, à l'heure actuelle, possible à partir des données obtenues avec des particules semblables mais non identiques.

La plupart des textes nécessaires sont encore en gestation, en grande partie parce qu'une métrologie adaptée à la toxicité effective doit d'abord être définie : des puces métrologiques pourraient être capables de le faire ; mais elles sont encore à construire !

En outre, pour chaque nano-objet doivent être bien connus :

- > Son cycle de vie, afin d'assurer l'élimination des déchets de fabrication et de l'usure à long terme du produit ;
- > Les mécanismes et les effets de sa toxicité biologique et écologique ;
- > Les protocoles de confinement, piégeage et destruction qui lui sont propres. Si bien qu'il est possible que, pour chaque produit manufacturé, **une réglementation**

spécifique, qui tienne compte de ses particularités, soit dans l'avenir finalement nécessaire.

On comprend ainsi les raisons du retard pris par la mise en place des textes propres aux nano-objets et relatifs à la protection de l'homme et de son environnement, dont l'absence a été l'un des griefs formulés par les opposants aux nanotechnologies. Cependant, la récente application de la procédure européenne REACH aux nanotubes de carbone montre que, au niveau aussi bien national qu'international, l'établissement d'une réglementation particulière est maintenant en marche.

Néanmoins devront être évitées les erreurs suivantes :

- > Vouloir traiter toutes les nanoparticules (même celles déjà présentes naturellement dans l'environnement, ou résultant de l'activité humaine) ;
- > Être dans une logique binaire (interdiction ou absence totale de précaution) ;
- > Mettre en place systématiquement un moratoire.

C'est là où l'application du principe de précaution, inscrit dans la Constitution, doit tenir compte de toutes ses particularités¹.

En médecine, les Nanosciences posent des problèmes éthiques nouveaux

Comme en toute activité médicale, l'éthique est omniprésente dans les applications des nanotechnologies au domaine de la santé. Les recommandations qui s'y rapportent ont été récemment explicitées dans l'avis 96 du Comité Consultatif National d'Éthique du 01.02.07. Dans ce Rapport, on retrouve leur application soigneuse d'abord à propos de la hiérarchisation forcément ciblée de la recherche biologique fondamentale, tant ce nouveau domaine apparaît immense. On retrouve aussi cette attitude éthique à propos de la nécessité d'une métrologie nouvelle générant une réglementation évolutive, toutes

1. Précisées dans la loi Barnier du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

deux à l'échelle internationale. Il en est de même pour tout ce qui concerne l'information des patients, la traçabilité des substances, la vigilance sanitaire, la médecine du travail et la protection de l'environnement.

Deux problèmes nouveaux doivent être soulignés :

Le premier est lié à la **définition biologique de chaque individu** qui permettra de le soigner au mieux. Mais il serait inadmissible que ces informations personnelles de nature privée risquent d'être communiquées, tant aux autorités de l'Etat qu'à l'ensemble des membres de la société. C'est pourquoi, l'efficacité des procédures qui assurent la protection de ces éléments doit être régulièrement vérifiée, et c'est justement parce qu'elle l'est aujourd'hui, que ces risques de dérive sont en pratique bien maîtrisés.

Par ailleurs est-il bon ou dangereux pour la santé d'un individu qu'il soit **informé de ses propres caractéristiques biologiques** ? Cette question va vite se poser. Car ces informations permettent de prévoir l'avenir et celui de notre descendance. Certes, c'est avec une probabilité qui est mal connue ; mais surtout, cette probabilité est difficilement appréciable sans une solide culture biologique.

Par ailleurs, le risque de nouvelles tentatives d'eugénisme doit toujours être redouté afin d'être rapidement combattu, même s'il a toujours existé, quel que soit le niveau technique de l'humanité.

Pour toutes ces raisons, il importe que :

- 1/ Les programmes de recherches fondamentales sur les actions biologiques des nano-objets soient amplifiés, mais surtout que des projets prioritaires puissent être pragmatiquement décidés en urgence, en fonction de l'apparition éventuelle de constatations inquiétantes pour la santé publique.
- 2/ La directive européenne R.E.A.C.H., soit très vite adaptée aux installations industrielles concernées par les nanoparticules et les nanotechnolo-

gies, et qu'en attendant, au moins en France, la Médecine du Travail obtienne dans ce domaine des textes et des moyens lui permettant de remplir sa mission. Cette réglementation particulière devra être très régulièrement révisée, pour tenir compte de l'actualisation des connaissances sur ces substances.

- 3/ Les résultats obtenus par les médecins du travail en charge de l'application de la réglementation actuelle aux industries utilisant ou fabriquant des nano-objets soient **centralisés**, et que sans attendre soit instaurée **une veille sanitaire renforcée** propre aux nano particules non biodégradables, notamment les nanotubes de carbone.
- 4/ Soient mises au point très rapidement les métrologies multiples adaptées à chaque produit issu des nanotechnologies, et que, en attendant, le choix des études de toxicité se fasse en tenant compte des observations des médecins du travail.
- 5/ Lors de l'autorisation de la mise sur le marché d'un nanomédicament, un principe actif déjà autorisé soit considéré comme un médicament entièrement nouveau, susceptible d'une toxicité différente, s'il est porté par un « cargo » différent.
- 6/ Si des complications sanitaires, actuellement peu probables, devaient malgré tout survenir, le public en soit informé par la communauté médicale, quelles que soient les considérations économiques ou politiques. La confiance de la population en dépend.





CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Fondée le 3 août 1803 sous le nom de Société de Pharmacie de Paris et reconnue d'utilité publique le 5 octobre 1877, l'Académie nationale de pharmacie est un lieu de réflexion et de concertation. Elle porte son intérêt sur divers sujets en rapport avec la pharmacie et d'une manière générale avec la santé.

Nanotechnologies : enjeux et risques potentiels

Les nanotechnologies ont envahi nos médias. Chaque jour, des articles de presse, des recommandations, des évaluations d'agences nationales ou supranationales sont publiées pour vanter ou mettre en garde sur ce sujet. Les avancées technologiques depuis 30 ans ont en effet permis d'accéder à des produits, des dispositifs ou des composants à l'échelle nanoscopique. Par leur taille, ces objets ont acquis le plus souvent des propriétés particulières qui en font l'intérêt mais qui mettent aussi en lumière le vaste champ des connaissances restant à explorer. Un médicament ne peut exprimer son effet que par sa capacité à atteindre spécifiquement sa cible, c'est-à-dire à être présent à la bonne concentration au bon endroit.

Les substances actives contenues dans les médicaments sont, pour la plupart, des molécules pourvues d'une taille favorable à leur interaction avec les récepteurs de l'organisme mais, manquant généralement de spécificité, elles ont tendance à se diluer dans l'ensemble du corps et à perdre de leur activité. Ce problème peut être résolu en associant la substance active à un vecteur nanométrique qui s'il est bien conçu, peut atteindre spécifiquement tel ou tel organe, tel ou tel récepteur intra- ou extracellulaire. Ce transport protégé à travers le corps humain protège également contre les effets secondaires indésirables et la toxicité qu'induisent certains médicaments.

COORDONNÉES

Académie nationale de Pharmacie
4 avenue de l'Observatoire
75270 Paris cedex 06
www.acadpharm.org

On voit donc que les nanomédicaments peuvent améliorer les soins apportés aux patients par deux approches :

- > Étant mieux dirigés vers leur cible biologique, les nanomédicaments peuvent permettre de réduire les doses administrées.
- > Étant administrées sous forme protégée de la dégradation ou de la dilution par l'organisme, on peut espérer réduire les effets secondaires observés sans cette technologie.

L'application médicale des nanotechnologies est donc un champ d'innovation prometteur. À ce titre, l'Académie Nationale de Pharmacie a mis en place un groupe de réflexion visant à apporter son expertise pour favoriser l'évaluation, la valorisation et la communication autour de ces nouvelles approches du médicament et des dispositifs médicaux. Le pharmacien est en effet au cœur du processus de recherche/développement et industrialisation de ces produits tant sur l'aspect technique, réglementaire ou qualité, pour ce qui concerne les universitaires et les industriels, que sur le plan de la relation aux patients, dès lors qu'il s'agit de pharmaciens d'officine. Ces derniers sont les plus à même d'expliquer aux patients le rapport bénéfice/risque des produits qui leur sont prescrits.

Aujourd'hui, divers nanomédicaments sont déjà approuvés par les autorités de santé aux États-Unis et en Europe. On trouve par exemple des nanoparticules d'oxyde de fer (Endorem[®], Feridex[®], Resovist[®]), médicaments destinées à l'imagerie diagnostique en Imagerie de Résonance Magnétique (IRM). Plusieurs médicaments à visée thérapeutique sont actuellement commercialisés sous forme nanoparticulaire (Ambisome[®], Oncospar[®], PEG-Intron[®], PEGSYS[®], Neulasta[®], Abraxane[®], Doxil[®]/Caelyx[®]). On trouve également sur le marché des dispositifs médicaux basées sur les nanotechnologies et en contact direct avec l'organisme. Ainsi a été mise au point une capsule

endoscopique permettant d'accéder de façon non invasive à la lumière du tube digestif et de porter un diagnostic sur la paroi de l'intestin. La capsule PillCam Côlon[®] (Given Imaging Ltd, Yoqneam, Israël) a été homologuée comme dispositif médical par Santé Canada en janvier 2007. Plusieurs dizaines de milliers de patients en ont déjà bénéficié.

Mais la plupart des applications médicales des nanotechnologies sont encore à venir et du domaine de la recherche et du développement :

> Dans le domaine des nanomédicaments :

Certains essais reposent sur des encapsulations à l'intérieur de structures nanométriques organiques ou inorganiques telles que les fullerènes, micelles, liposomes émulsions ou de nanotubes de carbone. D'autres travaux portent sur des nanoparticules magnétiques que l'on pourrait guider de l'extérieur de l'organisme par application d'un champ magnétique focalisé sur la zone à traiter.

> Dans le domaine des dispositifs médicaux :

Certaines parties du corps humain se dégradent au cours du temps voire sont altérées dès la naissance. Il est légitime d'espérer trouver au travers des nanotechnologies les moyens d'aider le corps humain à se réparer, voire à compenser partiellement ou totalement ces déficits. Les exemples de recherche dans ce domaine concernent la peau, les vaisseaux sanguins, les tendons et d'autres organes comme par exemple la cornée qui bénéficie de recherches actives dans ce domaine. Divers groupes travaillent également sur des concepts d'administration de médicaments (ou de vaccins) au moyen de microaiguilles disposées en groupe d'une centaine. Elles permettent de délivrer des quantités faibles de substances actives mais de façon quasi indolore.

Les nanomédicaments : une évaluation bien encadrée

Plusieurs groupes d'experts se sont penchés sur la sécurité des produits à base de nanoparticules. Le rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des produits de santé (AFSSAPS) édité fin 2008 sur ce sujet (http://www.afssaps.fr/var/afssaps_site/storage/original/application/ac7d242fbecb3c8ab0a7363fbc9a4ec.pdf) conclut que l'évaluation toxicologique des nanomédicaments ne doit pas s'écarter de la stratégie conventionnelle de l'évaluation de la sécurité des médicaments. Elle doit néanmoins adapter ses méthodes lorsque nécessaire et exprimer leurs résultats en fonction des particularités de la structure nanoparticulaire. Les méthodes actuelles d'évaluation de la sécurité des médicaments sont en effet des méthodes robustes permettant de détecter le plus souvent les risques associés aux médicaments nouveaux.

Au niveau Européen, l'Agence européenne du médicament (EMA) a également édité un rapport sur le sujet (<http://www.ema.europa.eu/pdfs/human/genetherapy/7976906en.pdf>) intitulé « Reflexion paper on nanotechnology-based medicinal products for human use », suivi, plus récemment, en avril 2009 d'un autre document « Introduction to nanotechnologies and medicinal products » expliquant la démarche actuelle de cette agence dans ce domaine.

D'autres initiatives ont été prises en France et en Europe pour suivre de façon spécifique l'évaluation et l'intérêt des nanomédicaments. Parmi elles, il faut citer celle du LEEM (Les entreprises du médicament, Industrie Pharmaceutique) qui a émis un rapport sur l'intérêt de ce nouveau domaine d'innovation (<http://www.leem.org/leem-image/leem/document/1425.pdf>).

L'Académie Nationale de Médecine a également édité un rapport sur ce thème en décembre 2008 intitulé « Nanosciences et médecine » (http://www.academie-medecine.fr/Upload/chouard_rapp_1er_juillet_2008.doc)

L'Académie Nationale de Pharmacie, quant à elle, a vocation à donner son avis d'expert indépendant dans les domaines touchant au médicament et aux produits dispensés en pharmacie. De ce point de vue, ses réflexions peuvent aider les parties en présence à mesurer l'intérêt des patients pour ce type de nouveau produit, mais aussi favoriser l'éducation et la formation des pharmaciens et des futurs pharmaciens ainsi que des patients.

Recommandations

1) L'Académie nationale de pharmacie recommande tout d'abord de poursuivre et d'encourager l'accompagnement technique et réglementaire de l'innovation majeure que représente l'introduction des nanotechnologies en médecine et en pharmacie. Il est important de favoriser la discussion au niveau des experts, des agences d'évaluation et du public pour montrer l'intérêt de ces nouveaux produits et démontrer le rapport bénéfice/risque positif. De ce point de vue, il est important que toutes les parties prenantes utilisent la même terminologie. À titre d'exemple, la taille des nanoparticules est pour la plupart des experts en France située entre 1 et 100 nm, tandis que l'Agence du médicament européenne parle de 1 à 1 000 nm. Bien d'autres sujets méritent une coordination et une approche commune comme par exemple l'uniformisation des techniques de mesure de la taille des particules. L'Académie nationale de pharmacie recommande par

ailleurs de se pencher plus spécialement sur l'évaluation des dispositifs médicaux et de l'adaptation du marquage CE pour les dispositifs en contact avec le patient et contenant des nanoobjets.

2) L'Académie nationale de pharmacie recommande également de mieux former les professionnels de santé en exercice et les futurs professionnels à ce nouveau champ de connaissance. L'inventaire des lieux de formation universitaire en France dans ce domaine montre qu'il y a peu d'expertise reconnue et qu'aucune formation systématique des étudiants en pharmacie n'est réalisée en France. Les pharmaciens étant par fonction destinés à expliquer aux patients le rapport bénéfice/risque des médicaments et autres produits

délivrés à l'officine, il paraît nécessaire de renforcer cette formation de base sur les nanotechnologies.

3) Il convient également de favoriser l'information du public pour montrer les avantages potentiels de ces technologies pour certains patients. Les enquêtes d'opinion ont montré que la population française se pose des questions sur ce que sont ces nouvelles technologies, sur leur intérêt potentiel et les risques associés. Le public a également besoin de connaître le rôle de la France dans ce domaine et l'évolution des recherches dans d'autres pays où des moyens considérables sont déployés pour la recherche et le développement de la nanomédecine.

Pour en savoir plus : groupe de travail « Nanotechnologie »
<http://www.acadpharm.org/index.php?PAGE=nanotechnologie>

Références principales :

- > Jean-Marc Grognet, *Nanotechnologies : des sciences de l'information à la pharmacologie*. *Thérapie* 2008 ; 63 (1) ; 1-9
 - > JL Lorrain & D. Raoul, *Nano sciences et progrès médical*. Rapport à l'Assemblée nationale, n° 1588 et au Sénat, n° 293, 2004.
-

SYNTHÈSE

L'objectif de l'APPA sur les nanoparticules consiste à montrer que le débat dépasse largement la sphère des médecins et des industriels puisqu'il s'agit d'un véritable enjeu de société qui croise le progrès technique avec des impératifs éthiques. La conférence citoyenne, qui s'est déroulée en 2006 montre que, sur la base d'une information de qualité, c'est-à-dire contrastée et n'éluant pas les ques-

tions, les incertitudes et les lacunes, le grand public est capable d'émettre des recommandations extrêmement pertinentes et affranchies du poids des considérations économiques. Est-ce que la voix des considérations éthiques et des inquiétudes sur l'avenir du « vivant » peut se faire entendre dans une société où la consommation et le progrès sont des référents fréquents ?

Un autre objectif de l'APPA consiste à dégager l'existence d'une « culture européenne de la concertation » sur la gouvernance des technologies émergentes et la gestion des risques sanitaires et environnementaux. L'Europe n'étant pas uniquement une institution qui réglemente mais également un ensemble de citoyens réunis par des enjeux communs et une vision partagée de l'avenir.

l'Interdisciplinary Research Collaboration de l'Université de Cambridge, Greenpeace UK, le journal The Guardian, et le PEALS Research Center de l'Université de Newcastle.

2004-2006 : Série de focus groups et trois ateliers de discussions dans le cadre des projets « The Nanodialogue » et « Nanotechnology, Risk and Sustainability » organisés par le think-tank Demos et l'Université de Lancaster

2004-2006 : Ensemble d'activités de débat public du programme « Small Talk » géré par Think-Lab en collaboration avec The British Association for the Advancement of Science, Ecsite-UK, the Royal Institution, and the Cheltenham Science Festival.

2006 : Mélange de communication scientifique conventionnelle et de sessions de discussions interactives dans le cadre du projet du « Citizen Science @ Bristol » mené par le Bristol Science Center et l'Université de Bristol.

DANEMARK

2004 : Atelier d'enquête sur les attitudes des citoyens à l'égard des nanotechnologies, organisé par le Danish Board of Technology.

ALLEMAGNE

2006 : Conférence nationale des consommateurs sur les nanotechnologies, organisée par l'Institut fédéral d'évaluation des risques (BfR)

FRANCE

2005 : Débat participatif « Forum Science et démocratie » organisée par La Metro, la communauté d'agglomération de Grenoble.

2005 : Conférence sur les enjeux sanitaires et environnementaux des nanotechnologies organisée par EpE (Entreprises pour l'environnement) et l'APPA.

2006 : Série de 6 débats publics, dits « Nanoviv », organisée par Vivagora et soutenue par le Conseil régional de Rhône-alpes, le Conseil général d'Isère et La Metro.

2006 : Série de 6 débats publics, dits « Nanomonde », organisée par Vivagora et soutenue par le Conseil régional d'Ile-de-France.

2007 : « Conférence citoyenne sur les nanotechnologies » organisée par le Conseil régional d'Ile-de-France.

Depuis 2007 : Forum de discussion permanent : « Nanoforum » du CNAM (Conservatoire national des Arts et Métiers)

SUISSE

2005-2006 : Série de groupes de discussion dits « Publifocus » organisés par le Conseil suisse de la science et de la technologie

ESPAGNE

2003 : Débat public dans le cadre du projet « Dialogue à propos de nanosciences et nanotechnologies »



L'APPA a pour objectif de susciter, coordonner toute action de recherche, étude sur la pollution atmosphérique, le changement climatique.

Initier, promouvoir tout projet de sciences humaines sur la pollution atmosphérique et le changement climatique.

Informer et sensibiliser

la population à la qualité de l'air et au changement climatique
Assurer une mission de veille scientifique et de transfert des connaissances dans les domaines de la pollution atmosphérique, des risques sanitaires qui y sont liés et du lien avec le changement climatique en tenant le rôle de plate-forme entre les différents acteurs.

COORDONNÉES

APPA - Association pour
la Prévention de la Pollution
Atmosphérique
10 rue Pierre Brossolette
94270 LE KREMLIN BICETRE
Tél. : 01 42 11 15 00
Fax : 01 42 11 15 01
Mail : contact@appa.asso.fr
Site Internet : www.appa.asso.fr

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Les nanoparticules : un enjeu citoyen et européen ?

L'Association pour La Prévention de la Pollution Atmosphérique, à la suite des réflexions menées par l'association sur les différents types de particules et leurs impacts sur la santé, s'est penchée sur la question des nanoparticules en conformité avec plusieurs de ces missions :

Apporter des informations sur les impacts des différents polluants sur la santé humaine. L'étude des particules ultrafines a déjà mis en évidence l'existence d'impacts sanitaires qui dépassent largement la sphère pulmonaire puisque la dimension de ces particules leur permet de franchir la barrière des organes pour « naviguer » dans l'ensemble de l'organisme.(cf. encart)

Diffuser une information la plus fiable et la plus accessible possible aux différents publics « profanes ». Cependant, à l'heure actuelle, cette mission d'information consiste de plus en plus à donner la parole aux différentes cibles concernées afin de mieux saisir quelles sont les attentes

et les préoccupations en matière de prévention de la qualité de l'air et de choix de société. En effet, de plus en plus, la maîtrise des pollutions peut engendrer des effets pervers : surcoût des produits et creusement des inégalités, limitation des libertés individuelles, transfert des impacts vers d'autres secteurs de l'écosystème ou d'autres territoires. De plus en plus les actions de communication sont élaborées à partir de démarches de consultation/et de concertation des citoyens.

Contribuer à l'élaboration d'outils ou de réflexions à l'usage des décideurs avec, là encore, une reconfiguration dans le contexte d'incertitude qui est le notre et le passage de la prévention à la précaution

L'APPA appartient à un réseau d'associations analogues, l'IUAPPA et surtout sa déclinaison européenne, EFCA ce qui permet à l'APPA de contribuer à la réflexion sur la déclinaison nationale des objectifs européens.

Témoignage

Échange lors du séminaire organisé par l'APPA sur les nanoparticules en juin 2007 à Lille.

JMR. L'atelier « utilisation des nanoparticules dans l'entreprise » a-t-il pu répondre à la question du risque ?

MR. Il y a des procédés, des produits différents, actuellement on a peu de réponses, on conseille de mettre en œuvre des mesures de prévention strictes. Il faut adapter la prévention des risques aux procédés et ne pas généraliser.

JMR. De quoi parle-t-on, comment établir une nomenclature et assurer le recensement par les entreprises de ces différents produits ?

MR. La question de la nomenclature n'est pas définie. Le règlement Reach sera difficilement applicable aux nanoparticules, car il tient compte de la composition chimique et non de la taille et concerne une production de tonnes par an, ce qui n'est pas le cas des nanoparticules.

JMR. Cela repose donc sur la volonté de transparence des entreprises alors qu'il y a une forte concurrence. Dans les recommandations établies précédemment, on a vu que l'on souhaite qu'il y ait des réglementations de protection et de contrôle.

MR. Actuellement on n'a pas de recommandation sur ce sujet, tout dépend du bon vouloir des industriels.



Les nanoparticules : un enjeu citoyen ?

Les nanoparticules, déjà élaborées, ne sont sans doute pas sans risques sanitaires mais, outre l'interpellation de la communauté des toxicologues, l'introduction de ces particules relève également d'un choix de société puisque les découvertes scientifiques, obéissant à des logiques économiques, peuvent présenter des effets pervers non maîtrisés.

Il convient alors de diffuser des définitions claires de manière à poser le débat avec netteté et clarté de manière à ce que tous les citoyens se sentent interpellés et puissent se saisir du débat : cf. encart : une définition proposée par l'APPA¹ dans une brochure rédigée en commun avec l'ADEME.

Définition

LES NANOPARTICULES sont des particules très fines, d'une taille allant du nanomètre jusqu'à 100 nm (nm = 10⁻⁹ m) et sont dispersées dans l'air sous forme individuelle ou groupées sous forme d'agglomérats/agrégats ; on parle alors « d'aérosol ultrafin ». Elles sont présentes dans notre environnement depuis très longtemps, mais n'ont pu être visualisées que depuis une vingtaine d'années. Elles peuvent être d'origine naturelle, issues de l'activité photochimique et volcanique. Elles sont principalement générées par l'activité humaine par le biais de différents processus physico-chimiques (combustions diverses, émissions de moteurs diesel), mais elles peuvent aussi être directement fabriquées par l'homme. En effet les nanoparticules sont au centre des nanosciences et nanotechnologies qui constituent actuellement un champ de recherche et de développement en plein essor.

De nombreuses disciplines scientifiques sont concernées et valorisent le potentiel d'utilisation de ces matériaux infiniment petits, notamment en médecine (analyses médicales, traitements plus ciblés au moyen de nanocapsules et nanosphères, prothèses orthopédiques), en environnement (épuration de l'eau,

pots catalytiques) et en optique (éclairage, imagerie). En électronique, l'arrivée du nanomonde pourrait remodeler totalement le visage de ce domaine par l'utilisation de nanocristaux, nanofils et nanotubes.

Ainsi, il faut s'attendre à une augmentation des rejets atmosphériques et à une exposition croissante des populations, principalement en milieu professionnel, avec des impacts possibles sur la santé et l'environnement. Ces craintes sont justifiées par la connaissance des effets toxiques des particules micrométriques aériennes sur la santé, qui pourraient être amplifiés en raison de la nanodimension des matériaux utilisés. La voie respiratoire constitue la voie majeure de pénétration des nanoparticules dans l'organisme. Leurs effets sur la santé sont en relation avec leur taille, nombre et/ou leur surface, leur forme et leur composition ; on sait par exemple que plus la taille des particules est petite, plus leur réactivité surfacique est grande. Leurs forme et composition conditionnent leurs effets biologiques ; ainsi les fibres, qui ont une biopersistance plus longue que les particules de forme sphérique, restent longtemps dans les cellules et les tissus et ont par conséquent des effets biologiques plus importants. La nature exacte de la particule (composition chimique, cristallinité, impuretés, etc.) a toujours son importance en terme de toxicité.

Les quelques études actuellement disponibles mettent en évidence des interactions des nanoparticules au niveau cellulaire principalement en terme d'inflammation. De vastes programmes de recherche sont en cours sur cette problématique « nanomatériaux-santé » pour approfondir les connaissances actuelles.

Il convient de susciter des débats pluriels autour des nanosciences et des nanotechnologies

En octobre 2006, l'APPA, en collaboration avec EpE (Entreprises pour l'environnement) a organisé une conférence citoyenne sur : « les questions environnementales et

sanitaires liées au développement des nanotechnologies ». (Document de présentation de la démarche et des conclusions joints). Les principales conclusions de ce débat font apparaître la nécessité de l'émergence d'une « gouvernance » sur le sujet, voire même d'un accompagnement réglementaire, sur la base du principe de précaution, que l'Europe serait amenée à construire. Néanmoins, les questions éthiques et sociales, qui ont été conventionnellement mais aussi artificiellement écartées de cet exercice, restent primordiales.

On ne peut donc qu'appeler à une concertation et des débats élargis sur les implications d'une approche nouvelle du vivant et de la matière et sur les usages des nanotechnologies. Cette démarche a pour ambition de cerner comment la société peut organiser le dialogue entre citoyens et experts sur une question technique en relevant la gageure de le faire dans un contexte d'incertitude scientifique et d'enjeux importants en termes d'anticipation des risques et bénéfices sanitaires et environnementaux.

Les nanoparticules, pour la construction d'un débat européen

C'est dans cette perspective que l'APPA, en liaison avec le réseau EFCA a proposé à l'AFSSET de dresser un état des lieux du débat public sur les enjeux de santé-environnement en s'appuyant sur l'exemple des nanosciences/nanotechnologies dans plusieurs pays de l'Union européenne afin d'identifier les singularités des approches nationales ou locales retenues et d'en objectiver les différences et les ressemblances par une analyse comparative systématique, et faire ressortir leur influence éventuelle sur les visions et recommandations portées par les citoyens in fine. Analyse qui prendrait en compte les contextes politiques et culturels nationaux, en plus des aspects d'organisation et de procédures proprement dit du dispositif de concertation.

• **Le débat participatif entre le consensus anglo-saxon et les conflits plus latins**
Le dispositif participatif ayant connu sans doute le plus grand succès en Europe sur les questions de science et de technologie

est celui de la conférence de consensus. Il est intéressant de noter à cet égard que la préférence française des termes de « conférence citoyenne » aux termes de « conférence de consensus » a été justifiée sur un plan culturel, à savoir que les pays nordiques auraient une culture politique fondée sur la recherche du consensus tandis que la France, à l'instar des autres sociétés latines, connaîtrait un mode de délibération construit autour du conflit des idées et de l'affrontement des positions.²

• Les spécificités du débat européen moins technologique qu'aux USA

Il apparaît que le public européen serait globalement plus « réservé » que le public américain sur l'opportunité du développement des nanotechnologies³, alors que dans le même temps, il semble exister aux plus hauts niveaux politiques et décisionnaires en Europe un relatif consensus sur la nécessité d'obtenir l'assentiment des citoyens sur ce dossier, d'une grande sensibilité stratégique et économique, (avec en arrière-fond le souvenir persistant du refus des OGM)⁴.

• **Une liste, non exhaustive**, d'expériences participatives en Europe (aux niveaux national et communautaire) sur les nanotechnologies, ne présentant pas toutes forcément le format de la conférence de consensus⁵ :

INITIATIVES EUROPÉENNES

2005 : Débat public et atelier dans le cadre de l'« EuroNanoForum 2005 Conference » organisé par l'Institute of Nanotechnology.

2005-2007 : Ateliers participatifs et 7 modules d'exposition interactifs dans le cadre du projet « Nano Dialogue », organisé par 8 centres scientifiques européens, pour favoriser le dialogue sur les nanotechnologies et les nanosciences à l'échelon européen

ROYAUME-UNI

2004 : Ateliers de discussions dans le cadre de l'étude menée par la Royal Society et la Royal Academy of Engineering : « Nanotechnology : Views of the General Public »

2005 : Jury de citoyens sur les nanotechnologies, organisé par

1. Elichegaray C.2008, *La pollution de l'air*, Dunod 209 p.

2. Boy, Boung (2009) Les conférences de consensus françaises : la difficile adaptation d'un modèle « venu d'ailleurs », in *Environnement : décider autrement. Nouvelles pratiques et enjeux de la concertation*, p. 163-180.
3. The Royal Society, The Royal Academy of Engineering, *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, London, 2004.
4. IHEST : La question des nanotechnologies, 2007, p.4.
5. L'essentiel des informations sur les événements proviennent de la Newsletter de mars 2008 de CIPAST (Citizen Participation in Science and Technology).



SCIENCES
et Démocratie

Association Sciences et Démocratie

Créée en 2005, l'association Sciences et Démocratie a pour mission de promouvoir et faciliter la participation des citoyens aux choix scientifiques et technologiques. Elle produit des dossiers pédagogiques et anime des espaces de discussion, elle relaie les projets participatifs mis en œuvre par les institutions. Elle contribue aux réflexions pour une meilleure articulation entre participation citoyenne et décision publique. Les nanotechnologies sont un des thèmes centraux de son activité depuis sa création.

COORDONNÉES

Association Sciences et Démocratie

Philippe Bourlitzio
5/89 parvis du Breuil
92160 Antony

Tél. : 06 61 20 50 54

contact@sciences-et-democratie.org

www.sciences-et-democratie.net

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

**Les nanotechnologies, un défi pour la démocratie.
Mise en œuvre du principe
de précaution, questions éthiques :
une démocratie participative est
à construire d'urgence pour les choix
scientifiques et technologiques.**

Le sujet de préoccupation majeur concernant les nanotechnologies est, à l'heure actuelle, celui des risques sanitaires et environnementaux. D'un côté, on compte par centaines les produits de consommation dopés aux nanotechnologies qui sont déjà sur le marché. De l'autre, plusieurs études viennent confirmer les suspicions de risque pour la santé humaine qui avaient été exprimées très tôt. Cette situation interroge quant à la capacité de notre société à mettre en place des mesures proportionnées comme le demande le principe de précaution. Si les propriétés nouvelles que présentent les nanoparticules, les nanotubes et autres nanomatériaux ont mis les institutions en difficulté dans cette gestion, des problèmes plus anciens, qui n'avaient pas reçu de réponse satisfaisante, sont également en cause : capacité de

recherche en toxicologie, modalités de l'expertise scientifique... Ces problèmes doivent aujourd'hui recevoir l'attention qu'ils méritent.

Pour Sciences et Démocratie, l'actuel débat sur les nanotechnologies est également l'occasion de rappeler à quel point la France est mal outillée pour le traitement démocratique des choix de société ouverts par les sciences et les technologies. Les citoyens devraient pourtant pouvoir participer à l'évaluation des rapport bénéfices/risques, aux débats éthiques qui éclairent les décisions. Ils auraient du pouvoir participer à la conception du débat public sur les nanotechnologies lui-même. L'opposition farouche que celui-ci rencontre dans les villes où il passe le confirme.

Pour Sciences et Démocratie, association constituée de citoyens qui s'intéressent à la gestion publique des questions « science société », en particulier du point de vue des risques et de l'éthique, le cas des nanotechnologies est une source d'étonnements et, à plus d'un titre, inquiétant.

La mise en œuvre du principe de précaution

> Notre premier sujet d'étonnement est **le retard pris dans la mise en œuvre de mesures proportionnées comme le demande le principe de précaution**. Des centaines de produits de consommation dopés aux nanotechnologies sont déjà sur le marché alors que des risques pour la santé humaine et l'environnement ont été suspectés très tôt et que plusieurs études sont venues renforcer ces suspicions.

> Certes les propriétés nouvelles que présentent nanoparticules, nanotubes et autres nanomatériaux ont mis les institutions en difficulté dans cette gestion, rendant inopérantes par exemple les réglementations dépendant de la nomenclature des produits chimiques CAS. Mais **il nous paraît anormal que 5 années aient été nécessaires** pour simplement déterminer s'il était plus pertinent de créer une **réglementation sanitaire** spécifique aux nanotechnologies ou d'adapter celles existantes (alimentation, produits chimiques, médicaments...). Au minimum, **des mesures transitoires n'auraient-elles pas du être prises ?**

L'information des consommateurs

> De plus, **l'une des premières mesures réglementaires à être adoptées (2009) nous paraît pour le moins aberrante**. Il s'agit de celle proposée **dans le domaine des cosmétiques** pour informer les consommateurs : apposer sur l'étiquette **l'indication « nano »** à côté du composant concerné. L'intention est louable : laisser le libre choix aux consommateurs

et soumettre ces produits, avec leurs atouts et leurs risques, au verdict du marché. Le principal défaut de cette disposition est pourtant évident : cette étiquette n'aura pas de signification pour la très grande majorité des gens. Ou elle aura l'effet inverse d'une mise en garde : dans certains secteurs, le préfixe nano est d'abord synonyme de high-tech et est déjà devenu un argument marketing. Cette étiquette ne rendra pas non plus compte du degré de risque (très variable d'un composant à l'autre). Il nous paraît important qu'un débat public soit mené sur ce sujet, et qu'y soit envisagé une approche plus large de **l'information des consommateurs en matière de risque**, ne se limitant pas aux nanotechnologies. Ne peut-on envisager une simplification de l'étiquetage pour les risques intrinsèques des produits, à l'image de ce qui a été accompli en matière de consommation d'énergie ? Car la multiplication des informations sur les emballages n'est pas synonyme de choix éclairés.

Le débat public national sur les nanotechnologies

> Le débat national sur les nanotechnologies, commandé conjointement par 7 ministères à la Commission nationale du débat public (CNDP) en février 2009, constitue lui-même un sujet d'étonnement, sur son intervention tardive et sa conception. En tant que processus contribuant à la démocratisation des choix scientifiques et techniques, il mérite une attention particulière.

Tout d'abord, pourquoi intervient-il alors que des centaines de « nanoproduits » sont déjà sur le marché ? Présenté comme une des propositions du Grenelle de l'environnement (2007), il avait en fait déjà été promis en mai 2006 par le Premier ministre d'alors, Dominique de Villepin. Il aura donc fallu trois ans pour qu'il devienne réalité.

Et pour quels résultats ? Malgré 17 réunions, ce débat ne permet que d'esquisser les problèmes, non d'élaborer des

solutions. Pouvaient-on de façon réaliste espérer débattre de la question centrale de la protection des consommateurs en une heure par exemple ? C'est pourtant le temps qui lui a été accordé dans la séance d'Orléans. Les choix des organisateurs du débat sont évidemment en cause. En multipliant les thèmes et en donnant la possibilité à tout intervenant de prendre la parole sur le sujet de son choix, la CNDP réduisait fortement les chances de pouvoir discuter sérieusement du moindre sujet. Mais **la saisine du débat** (c'est-à-dire la commande des 7 ministères à la CNDP) **portait en elle les graines de la discordance**. Difficile en effet de débattre « d'orientations en matière de développement et de régulation des nanotechnologies » (intitulé de la saisine) sans avoir un panorama des promesses, de l'état de l'art et des incertitudes dans tous les secteurs impactés par le développement des nanotechnologies.

Au final, les informations que l'on aura pu entendre au fil des réunions publiques étaient déjà connues des ministères. Elles étaient d'ailleurs consultables dès le lancement du débat dans le « dossier du maître d'ouvrage » publié par la CNDP. Dans certains cas, ce document est même plus éclairant que les réunions du débat, à l'exemple de la controverse sur l'innocuité du dioxyde de titane dans les cosmétiques.

Quel intérêt l'organisation d'un débat national présentait-elle dans ces conditions ? De la bouche des membres de la CNDP, **il a été conçu comme une opération d'information** à destination du grand public. Une information descendante uniquement, des experts et des institutions vers le public donc. **Ce n'est pas ce qu'on attend d'un débat public**. Nous considérons qu'une telle opération aurait encore été acceptable il y a 5 ans, au moment où les premiers produits sont arrivés sur le marché.

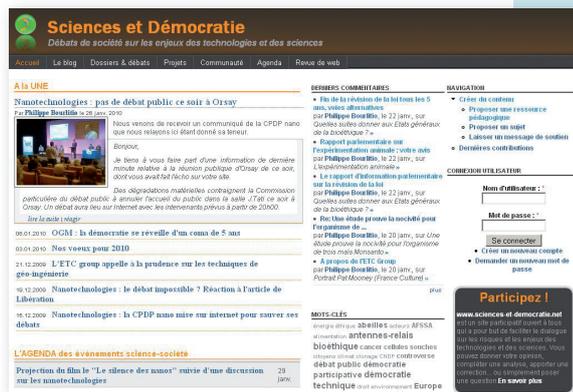
L'opposition farouche que le débat public a rencontrée dans plusieurs villes trouve ici sa justification : marché déjà développé, financements publics déjà décidés, réglementation absente et, pour finir, débat public qui n'en est pas un.

Nos attentes

En regard de ce qui vient d'être développé, nous demandons :

1. que toutes les dispositions soient prises pour que le principe de précaution soit respecté, et notamment :

- > un accroissement des études consacrées à l'évaluation des risques des nanomatériaux pour la santé et l'environnement ;
- > la définition de procédures et de protocoles expérimentaux adaptés (trop souvent les études montrant des risques sont considérées comme biaisées du point de vue méthodologique) ;
- > plus généralement, un renforcement de nos capacités nationales en matière de toxicologie et d'épidémiologie, également requises pour d'autres problématiques ;



2. que les réglementations européennes et françaises soient adaptées aux spécificités des nanomatériaux sans tarder, y compris la directive REACH, rendue obsolète par les nanoproducts (priorité donnée aux plus gros tonnages, nomenclature CAS inadaptée aux propriétés nouvelles des nano-objets) ;

3. que le débat public national sur les nanotechnologies soit prolongé par de nouveaux débats publics plus ciblés pour permettre de traiter plus en profondeur certaines questions, et notamment :

- > l'information des consommateurs en matière de risques, avec la question de l'étiquetage des produits ;

www.sciences-et-democratie.net
associe informations et espaces de discussion sur les nanotechnologies depuis janvier 2006.

L'association Sciences et Démocratie défend depuis 3 ans que les nanotechnologies ne peuvent constituer un sujet de débat public.

Tout d'abord, le terme « nanotechnologies » englobe une trop grande diversité de sujets. Il y a certes des questions spécifiques posées par les propriétés nouvelles découvertes à l'échelle du nanomètre : incertitudes scientifiques en termes de toxicité et d'éco-toxicité, difficultés à adapter les réglementations sanitaires... Mais beaucoup de questions sont plus anciennes et n'ont pas encore reçues les réponses appropriées, qu'il s'agisse du manque de toxicologues et d'épidémiologistes en France, des modalités d'une expertise scientifique crédible en matière de risques, de la contribution de la recherche publique à cette expertise, de l'égalité d'accès devant des traitements médicaux hyper-techniques et extrêmement coûteux, de la transparence vis-à-vis du lobbying auprès des parlementaires...

Ensuite, le terme n'a pas de sens clair pour le grand public. Il ajoute une couche de complexité au travail d'explication nécessaire pour permettre au citoyen de s'appropriier le sujet, d'autant plus que sa définition fait encore l'objet de débats entre spécialistes.

> les modalités d'une expertise scientifique crédible dans l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux et la place de la recherche publique dans cette expertise (demande formulée lors du Grenelle de l'environnement) ;

> les problèmes éthiques pour lesquels la mobilisation a été importante pendant le débat public même s'ils ne sont pas directement liés aux nanotechnologies : menaces sur les libertés individuelles du fait de la généralisation des dispositifs techniques d'identification (RFID, biométrie...), limites à poser concernant les modifications technologiques apportées au corps humain ;

4. qu'une véritable démocratie participative soit mise en place concernant les choix scientifiques et technologiques, et notamment que :

> les citoyens soient associés à la conception des processus participatifs émanant des institutions, notamment pour en délimiter le périmètre et formuler la question posée, de manière à permettre de vrais choix ;

> ils puissent être à l'origine de tels processus (droit à l'initiative citoyenne à l'échelle nationale), selon des modalités réalistes ;

> ils puissent participer plus généralement dans les instances qui décident la sortie hors des laboratoires de technologies présentant des risques ou soulevant des questions éthiques ;

> les décideurs se positionnent publiquement sur les recommandations issues des processus participatifs en expliquant leurs choix ;

> les associations engagées dans les expérimentations/réflexions sur cette « démocratie technique » depuis plusieurs années comme Sciences et Démocratie soient consultées.

Enfin, nous souhaitons attirer l'attention des organisations qui se prononcent pour un moratoire sur le risque que présente cette approche : de même que, de façon opportuniste, des projets de recherche ont été rebaptisés pour pouvoir accéder plus facilement à certains financements, ils seront débaptisés, tandis que les problèmes, eux, persisteront.

Pour réagir à ce texte, rendez-vous sur :
<http://www.sciences-et-democratie.net/>

SYNTHÈSE

Il serait faux de croire que les oppositions qu'a rencontrées le débat public sur les nanotechnologies sont le fait de technophobes uniquement, de citoyens à qui il suffirait de donner une formation scientifique pour que tout rentre dans l'ordre. Cette conviction trop fréquemment rencontrée parmi les experts mais aussi dans des associations dédiées à la culture scientifique et technique relève d'une paresse intellectuelle (pour reprendre les termes employés par Sylvestre Huet dans Libération en parlant des militants) ou d'un manque d'empathie pour ceux que la gestion publique

des questions science société inquiète. Il y a certes des « anti-science » parmi les opposants au débat mais ils ne doivent pas faire oublier les questionnements légitimes du plus grand nombre. Ce qu'il faut retenir de cette contestation, c'est que le citoyen doit être impliqué d'avantage. Les débats publics eux-mêmes doivent être conçus avec le public, du point de vue du périmètre et de la méthodologie, de manière à permettre des échanges plus constructifs. Une vraie démocratie participative doit être mise en place concernant les choix scientifiques et technologiques.



Le **Collectif sur les Enjeux des Nanotechnologies à Grenoble** (CENG) s'intéresse aux nanotechnologies et à leurs effets, aux rapports entre sciences, techniques, société et territoire. Il analyse les processus de décision et participe à l'animation du débat public sur ces questions. Il agit et favorise toutes actions visant à permettre l'intervention citoyenne dans les processus de décisions.

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Une initiative locale et citoyenne sur des enjeux globaux et nationaux

Notre démarche collective, initiée par des personnes engagées dans des actions d'information et de débat autour des questions posées par le développement des nanotechnologies, cherche à interroger les processus de décisions des collectivités territoriales (Ville, Communauté d'agglomération, Conseil Général, Région Rhône-Alpes). Ces décisions, souvent prises en liaison avec l'État et des entreprises, relèvent d'enjeux et de conditions de mise en œuvre qui intéressent au premier chef les citoyens.

Le CENG a participé à différentes actions notamment l'opération *Nanoviv* à Grenoble, aux débats organisés par la Région sur « Nanotechnologies et décisions publiques »

et au *Nanoforum* organisé par le CNAM à Paris.

Notre objectif est l'analyse critique et pluraliste des choix, des procédures de décisions publiques et privées, concernant les nanotechnologies à partir de la situation de la région grenobloise. Notre action se veut non institutionnelle et non partisane, ce qui ne veut pas dire apolitique. Notre propos refuse le choix binaire : pro-techniciste ou anti-techniciste ; pro ou anti-nano. La volonté de dépasser la dimension technique et éthique implique de se situer dans l'espace et le champ du politique : celui des logiques d'acteurs et des rapports entre les acteurs économiques, les experts, les pouvoirs publics.

COORDONNÉES

CENG
6, Avenue du Bourcet
38240 MEYLAN
cengrenoble@gmail.com

Faire des nanotechnologies une affaire publique : une initiative citoyenne dans la région grenobloise.

Sigles dans l'ordre d'apparition

CNAM : Conservatoire National des arts et Métiers

CEA : Commissariat à l'Energie Atomique

INPG : Institut National Polytechnique de Grenoble

CHURG : Centre Hospitalier Universitaire de la Région Grenobloise

CADA : Commission d'Accès aux Documents Administratifs

DDTEFP : Direction Départementale du Travail de l'Emploi et de la Formation Professionnelle.

De nombreuses décisions ont été prises dans le cadre étroit des relations entre les institutions politiques et les acteurs techniques, scientifiques et industriels, dans un domaine sensible, incertain et mal connu, celui des nanotechnologies.

Dans la région grenobloise un certain nombre de réalisations ont vu le jour dans ces domaines ce qui a motivé l'existence du CENG.

Pour mémoire :

1. Le projet *Minatec*, à l'initiative du CEA Grenoble et de l'INPG, lancé au début de 2000, présenté aux collectivités territoriales en 2001. Signature convention *Minatec* (centre européen en micro et nanotechnologies), janvier 2002. Inauguré en 2006.
2. Le projet *Alliance* sur la période 2002-2007 et sa suite Nano 2012.
3. Pôle de compétitivité *Minalogic* (2007).
4. Nanobio *Campus* et Nanobio CEA dans le cadre du nouveau Contrat de Projet Etat Région (13^e CPER, 2008-2012).
5. *CLINATEC*, une clinique expérimentale hors du secteur hospitalier.

Les enjeux ?

Les enjeux sont nombreux et touchent de nombreux domaines : ils supposent une prise en compte d'intérêts économiques, scientifiques, sociaux, culturels et environnementaux qui ne peuvent être déterminés sans la participation des salariés et des citoyens intéressés et impliqués.

1. **Enjeux technologiques** : quelles filières et quels partenariats industriels ?
2. **Enjeux politiques et démocratiques** : comment les collectivités territoriales interviennent-elles, avec quelles expertises et évaluations de leurs investissements ?
3. **Enjeux environnementaux** : prise en compte des risques pour la santé des populations, au travail et pour l'environnement.

4. **Enjeux sociétaux** : quels modèles de développement économique et social ?

5. **Enjeux philosophiques et éthiques.**

> Ces enjeux n'ont pas été l'objet de réels débats publics.

Pourtant, le Président du Conseil général de l'Isère avait envisagé, en 2005, d'organiser des conférences-débat pour mieux informer la population, estimant légitime les inquiétudes des citoyens face aux applications des nanotechnologies. Ce fut sans suite.

> Quelques procédures, à peine entamées et vite abandonnées.

1. Décision de la Métro de mettre en place une mission confiée à P.-B. Joly, relative à la question de la « démocratisation des choix scientifiques à l'échelle locale » (début 2005). Des conclusions, à discuter, laissées en jachère, puis enterrées.
2. Un évènement médiatique *Sciences et démocratie* de communication institutionnelle en guise de débat public.
3. Le dispositif Nanoniv (6 débats sur 3 mois, fin 2006) : un processus auquel les collectivités territoriales n'ont accordé qu'un intérêt mineur, resté sans suite et tombé dans l'oubli.

> Nanomédecine : à propos de CLINATEC

La définition de la nanomédecine – « l'application des nanotechnologies à la médecine » – transpose la définition ambiguë et arbitraire de la notion « nano » (moins de 100 nanomètre) au domaine de la médecine.

Celle-ci, depuis un siècle intervient, sur le plan des thérapies, à cette échelle. Au plan des outils diagnostics ; des interventions sur le corps ou encore des dispositifs instrumentaux qui fonctionnent aujourd'hui (chirurgie, imagerie - IRM), on se situe au niveau micro.

Le fait de descendre dans l'échelle des applications (du niveau micro au nano)



Le CENG a réalisé un film de présentation des enjeux des nanotechnologies. Durée 25 mn.

> http://www.dailymotion.com/user/chermau/video/xaogqi_comment-faire-des-nanotechnologies_news

représente-t-il une révolution ou un changement de paradigme dans la pratique médicale ? Si c'est le cas, il convient, de s'interroger sur les enjeux en termes de sécurité, d'éthique, de coûts sur les politiques de santé... des applications médicales des nanosciences. En effet, ce qui caractérise le niveau "nano" est son invisibilité, au plan des instruments optiques ; l'irréversibilité de ses processus ; l'impossibilité actuelle de la traçabilité de la diffusion des matériaux "nano".

CLINATEC : une clinique d'expérimentation hors du centre hospitalier...

Le cas de CLINATEC est une illustration de l'opacité qui entoure certaines décisions publiques et la démission de l'Etat sur ces questions.

CLINATEC est créée à l'initiative d'un chirurgien mondialement connu pour ses opérations sur le cerveau de patients souffrant de maladies dégénératives. Il est prévu, entre autres, de développer la stimulation cérébrale profonde à haute fréquence en implantant des électrodes dans le cerveau. L'autre application, à plus long terme, porte sur les interfaces entre le cerveau et un ordinateur. Il s'agira d'implanter des puces avec des nanoélectrodes dans le cerveau de certains malades pour leur permettre notamment de piloter des effecteurs (souris d'un ordinateur, éléments de domotique). Le « sésame nano » a parfaitement fonctionné puisque 20 M ont été programmés pour CLINATEC dans le contrat de projets Etat Région (CPER 2007-2013) : Etat 3,5 puis 0 M, Région 8,1 puis 10,85 M, Département 3,85 M, Métro 2,3 M, Grenoble 2,2 M, CEA 0,8 M, autant d'aides publiques qui ne sont pas allouées à l'hôpital... En août 2008, le CEA de Grenoble lance le marché de conception-réalisation de CLINATEC par procédure restreinte ; ce marché n'est pas soumis au code des marchés publics !

> Rendre publiques les interrogations qui s'expriment

Les décisions des collectivités publiques et de l'Etat concernant CLINATEC, ont été

prises en 2008, sans débat public sous influence des promoteurs de CLINATEC, alors que le projet était déjà largement avancé depuis plusieurs années par le CEA. C'est ainsi que le CA du CHURG n'a été informé qu'en quelques lignes le 22 janvier 2009 d'une coopération sur CLINATEC au détour d'une liste de programmes sans aucun détail ni débat... Les expérimentations humaines sur le cerveau, hors du cadre hospitalier, posent bien évidemment des questions graves concernant tant les libertés que l'intégrité humaine et la sécurité.

Début 2007, le Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé a publié un avis important intitulé : « *Questions éthiques posées par les nanosciences, les nanotechnologies et la santé* »

Aucun des promoteurs de ces projets grenoblois, aucun élu décideur, aucune institution, aucun organe de presse locale n'a repris ou commenté cet avis à propos de CLINATEC.

En avril 2007, un membre du CENG a saisi le Préfet de l'Isère pour obtenir les informations sur les mesures prises à Grenoble et sur le dossier CLINATEC, qui répond :

« *En ce qui concerne la procédure administrative relative au projet de Clinique "Clinatec", ce projet relève d'une autorisation délivrée par le Préfet de Région au titre d'un "lieu de recherche sans bénéfice direct". Le promoteur, en l'occurrence le CEA, doit faire une demande écrite auprès des services de la DDASS qui saisiront la DRASS (Inspection Régionale de la Santé) chargée d'instruire la demande et d'en examiner les conditions de fonctionnement et de sécurité...*

Je vous tiendrai informé des suites qui seront données à ce dossier... »

Pendant 2 ans, plus aucune information du préfet sur CLINATEC.

La CADA est saisie et confirme que « les documents administratifs sollicités, s'ils existent, sont communicables de plein droit à toute personne qui en fait la demande ».

Le Préfet de l'Isère, de nouveau saisi, fait parvenir le 12 mars 2009 un certain nombre de documents.

Première initiative du CENG de débat public organisé par des citoyens

Les 5 et 6 mai 2009 à Grenoble

Des constats

- Le développement des nanotechnologies avec des enjeux économiques considérables, des risques avérés, d'autres méconnus, des carences de recherche, de réglementation, des menaces de tripotage du vivant et de l'humain et sur les libertés.
- Les obstacles rencontrés localement pour faire de cette question une affaire publique.

De nouveaux défis

Face à ces défis, notamment l'application du principe de précaution en matière de nanotechnologies, les interventions ont mis en évidence le besoin de dépassement des dispositifs habituels, d'une nouvelle culture de la responsabilité publique et de l'intervention des salariés et des citoyens dans les décisions.

Des débats

Ils ont porté sur les formes durables à construire de l'engagement des citoyens, l'utilisation médicale des nanotechnologies, la maîtrise politique et démocratique des sciences et techniques.

Les réponses de l'Etat concernant la prévention et le contrôle en matière de nanobiotechnologies révèlent des carences graves, significatives d'une démission de ses compétences en cette matière, l'Etat renvoyant les responsabilités sur d'autres :

- > Recensement par les services de l'Etat des personnels soumis aux nanotechnologies : « *Il n'y a pas de document de recensement émanant des services de l'Etat. Pour les salariés ce sont les médecins du travail qui tiennent les documents.* »
- > Intervention des services de l'Etat sur les mesures de l'ambiance des locaux et suivi médical. : « *Il n'y a pas d'organisme agréé pour procéder au mesurage de la présence de nanoparticules dans l'air. Le mesurage est d'ailleurs, problématique, c'est pourquoi il est préconisé d'éviter l'exposition des travailleurs, par principe de précaution.* »
- > Analyse des risques : « *Ce n'est pas aux services de l'Etat d'analyser les risques. L'évaluation des risques est à la charge de l'entreprise dans un document qui n'est pas systématiquement détenu par la DDTEFP.* »
- > Protection particulière des personnes enceintes : « *Cela fait partie de la mission des médecins du travail. L'inspection médicale du travail est bien informée du risque potentiel en liaison avec les médecins du travail. Il n'y a pas de document spécifique en possession de la DDTEFP.* »

En conséquence, il apparaît que l'opération CLINATEC, comme de nombreuses recherches, productions, applications et commercialisation de nanobiotechnologies, se développent dans l'opacité et sans contrôle public.

Conclusion, changer de pratiques.

1. Les pouvoirs publics et les institutions concernées par la sécurité sanitaire et environnementale ne peuvent plus s'appuyer uniquement sur des réglementations traditionnelles et sur des expertises techniques et scientifiques.
2. Ce modèle de décision ne suffit plus à instaurer les conditions de la sécurité et de la confiance sociale nécessaires au développement durable.
3. Les formes existantes de participation des publics semblent d'abord caractérisées par leur volontarisme mais aussi par leur précarité. Elles restent marginales et sont sans conséquences sur les décisions publiques.

L'action du CENG s'efforce d'inventer des lieux avec les citoyens, les décideurs privés et publics concernés afin de confronter leurs analyses, les rendre publiques et co-construire des dispositifs de contrôle, de régulation et décision dans le domaine des nanotechnologies.

SYNTHÈSE

La majorité des décisions en matière de nanotechnologies sont prises sans que les enjeux ne fassent l'objet de débat public ou sans que soient prises en compte les premières préconisations des initiatives citoyennes. Il nous paraît donc important de poser ces questions sur la place publique afin que chaque acteur soit mis devant ses responsabilités propres.

Le CENG essaye sur des cas concrets, par exemple CLINATEC, d'analyser les processus de décision pour en comprendre les ressorts, avec l'objectif de convaincre les promoteurs que l'intérêt général et les réponses aux problèmes posés justifient que

ces questions sortent des cercles restreints pour devenir l'affaire du public.

Il faut prendre le temps du débat démocratique, inventer de nouvelles formes de participation citoyenne qui pèsent effectivement sur les décisions.

Il faut multiplier les actions de formation pour un large public, les actions vers les collectivités publiques pour qu'elles modifient leurs modes de décision, de prendre en compte les demandes des salariés, des scientifiques et techniciens. Le CENG entend prendre sa part la construction d'un nouveau rapport entre développement technologique et société, où le contrôle démocratique prenne toute sa place.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LIBERTÉ - ÉGALITÉ - FRATERNITÉ



CONSEIL ÉCONOMIQUE
SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL

Le Conseil économique, social et environnemental (CESE) est la troisième assemblée constitutionnelle de la République. Sa vocation consultative lui confère un rôle de relais entre la société civile et les pouvoirs publics. Son travail fondé sur le dialogue et l'écoute, permet au Gouvernement et au Parlement de mieux prendre en compte les réalités, les attentes et les évolutions de la société.

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Lorsque le CESE s'est saisi des nanotechnologies, l'objectif n'était pas d'apporter des éléments scientifiques et techniques nouveaux sur le sujet mais de réfléchir à l'attitude que la société civile pourrait adopter vis-à-vis d'elles.

En effet, les nanotechnologies recèlent un potentiel considérable de transformations positives de notre vie quotidienne et d'avancées des connaissances et, en même temps, elles suscitent des inquiétudes qui s'expriment dans le débat public et doivent être prises en compte.

Notre apport procède donc de la composition et du rôle de cette assemblée. Il est le résultat de l'échange (voire de la confrontation sur certains sujets) des différents corps sociaux et économiques du

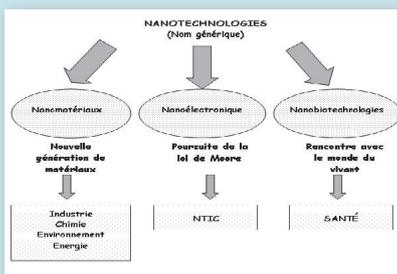
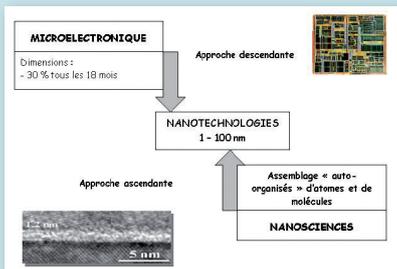
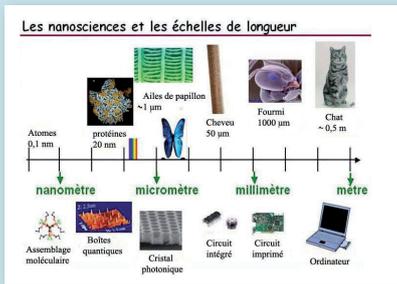
pays : représentants des chefs d'entreprises (des grandes aux petites) de l'industrie comme du commerce ou des services, syndicalistes, militants associatifs, agriculteurs, mutualistes, personnalités qualifiées...

C'est dire que nos travaux se devaient de traiter la question des nanotechnologies dans ses multiples dimensions : développement industriel et scientifique/ organisation de la recherche/ financement de l'innovation/ maîtrise sociale des risques et prévention/ organisation du débat public.

C'est dire aussi qu'ayant fait l'objet d'un vote quasi unanime, ils engagent sur cette réflexion un panel intéressant d'organisations et d'institutions de la société civile.

COORDONNÉES

CONSEIL ÉCONOMIQUE,
SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL
9, place d'Iéna
75775 Paris cedex 16
Tél : 01 44 43 60 00
Fax : 01 44 43 61 87
www.conseil-economique-et-social.fr/



Les nanosciences et les nanotechnologies (N&N) sont porteuses de deux grandes révolutions :

La première relève de la capacité nouvelle d'observer la matière à son échelle la plus fine c'est à dire celle des atomes et de pouvoir en mesurer les propriétés mécaniques, optiques, électriques, magnétiques, ...

La deuxième est notre capacité technologique nouvelle à fabriquer des objets et à maîtriser des processus de fabrication à cette échelle par deux voies distinctes :

- > voie descendante ou « top down » utilisant les outils et techniques de miniaturisation (voie suivie par l'électronique depuis 30 ans) dont les limites physiques sont quasiment atteintes ;
- > voie ascendante ou « bottom up » par la quelle on assemble la matière, atome par atome pour constituer de nouveaux objets aux propriétés et fonctions désirées.

Les N&N ouvrent par conséquent des perspectives tout à fait inédites et immenses dans tous les domaines. Devons-nous pour autant avoir peur d'elles ?

Poser d'emblée cette question conditionne l'attitude que nous devons adopter vis-à-vis d'elles : si elles sont dangereuses et porteuses d'effets néfastes mieux vaudrait s'abstenir de les développer plutôt que d'avoir à gérer des catastrophes dans l'avenir.

Pour y répondre, les travaux du CES ont confirmé que, comme pour toutes les grandes avancées scientifiques et technologiques, les nanotechnologies ont des conséquences ambivalentes. C'est dans cet état d'esprit que notre assemblée a formulé ses recommandations afin d'assurer l'essor indispensable des nanotechnologies dans un souci de transparence et de sécurité maximales pour la population, les salariés et l'environnement.

Le développement des nanotechnologies est porteur de progrès dans de multiples domaines :

- > nouveaux outils miniaturisés de diagnostic médical ;
- > médicaments mieux ciblés sous la forme de nano-vecteurs ;
- > TIC plus performantes et de plus en plus intégrées dans les objets de notre quotidien ;

- > matériaux à la fois plus résistants et plus légers, plus solides et mieux formables ou déformables ;
- > avancées substantielles dans le domaine des énergies nouvelles (photovoltaïque, stockage sécurisé de l'hydrogène, miniaturisation des composants des piles à combustible, réduction de poids ...) ;
- > écotecnologies plus efficaces...

Si elles soulèvent beaucoup d'espoirs et sont porteuses de progrès, les nanotechnologies suscitent également des interrogations et même des craintes.

Quels peuvent être les risques issus du développement à l'échelle industrielle de nanoparticules et comment s'en prémunir ; des dérives possibles dans l'utilisation des nano puces au regard des libertés individuelles voire des libertés fondamentales ? Pour une part importante, ces questions ne sont pas uniquement présentes vis-à-vis des nanotechnologies et de leur développement.

Elles existent dans de multiples domaines de la haute technologie : que ce soient les biotechnologies avec les problèmes éthiques qu'elles posent, l'électronique avec les RFID, l'énergie en liaison avec le réchauffement climatique ou l'épuisement des ressources naturelles, la chimie en lien avec les pollutions et les risques...

Cependant, les nanotechnologies sont au cœur de la convergence de ces différentes technologies...

En vérité, ce qui est posé, c'est la question de la capacité de la société à maîtriser de manière consciente le progrès technologique : sans vouloir en arrêter le cours car ce serait à la fois illusoire et néfaste, sans vouloir se priver de la dynamique de progrès humain dont il est porteur, mais en créant les meilleures conditions de sécurité et de respect des règles éthiques dans son développement.

C'est une autre manière de dire à quel point le principe de précaution n'est pas un principe d'abstention mais un principe d'action raisonnée et responsable.

Développer la présence de notre pays et de l'Europe dans les nanotechnologies est indispensable.

Nous ne pouvons ni passer à côté du potentiel de progrès des conditions de vie que recèlent les nanotechnologies, ni être absents de la vague technologique d'avenir qu'elles représentent et qui conditionne nos perspectives de développement économique et les emplois de demain.

Nous avons des atouts pour cela : un potentiel de recherche de qualité ; environ 4 000 chercheurs, ingénieurs, techniciens, thésards, dans la recherche publique. Des fleurons de la recherche industrielle mondiale, par exemple sur le site de Grenoble avec Minatec (CEA), ST Microelectronics...

En même temps, l'une de nos plus grandes faiblesses est liée à la part beaucoup plus réduite de l'investissement R&D des entreprises en France et en Europe au regard des Etats-Unis ou du Japon.

Il faut rappeler que les enjeux sont immenses : le marché mondial des nanotechnologies, estimé à 500 milliards de \$ en 2008, devrait doubler d'ici 2010 -2015.

De nombreuses mesures de précaution et de prévention des risques doivent être respectées.

Nous nous limiterons dans ce cahier d'acteurs aux plus significatives :

Il est indispensable de renforcer les recherches en toxicité, écotoxicité et métrologie

Cela nécessite de se doter, grâce à un effort de formation d'ampleur, du potentiel humain nécessaire, encore insuffisant actuellement.

Les priorités devraient porter sur :

- > Les nanoparticules les plus utilisées industriellement c'est-à-dire celles déjà présentes sur le marché ou qui vont l'être.
- > Les nanoparticules appliquées au corps humain (en médecine et cosmétologie voire dans les textiles par exemple).

> Les différentes étapes du cycle de vie des nanomatériaux ou nano-objets. En effet les nanoparticules intégrées dans un matériau, peuvent, en cas d'usure, de dégradation ou de destruction de celui-ci, être dispersées dans le milieu naturel. La vigilance s'impose tout particulièrement s'agissant des nanotubes de carbone.

En matière de réglementation, nous sommes dubitatifs sur la pertinence d'une approche globale

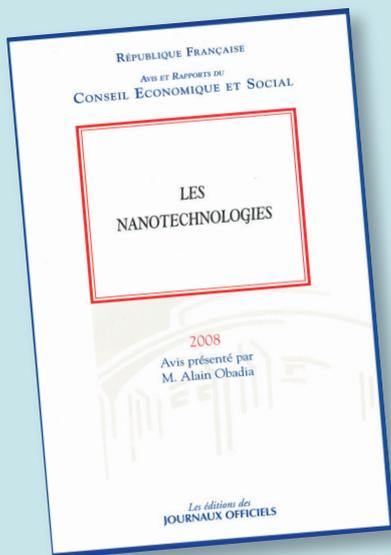
En effet, les applications des nanotechnologies concernent des domaines tellement différents que cela n'aurait pas grand sens. Il semble plus efficace de raisonner par familles de produits pour prendre en compte le mieux possible les caractéristiques des risques à prévenir. Quand cela est possible, il est important de s'appuyer sur les règles de protection déjà existantes dans les différentes activités productives, tout en les adaptant et en les complétant afin qu'elles couvrent pleinement le champ nouveau des nanotechnologies.

C'est par exemple le cas du règlement REACH.

À court terme, adapter ce règlement aux nanotechnologies implique d'introduire une propriété physico-chimique dépendante de la taille de l'objet – pour le définir comme une substance nouvelle et évaluer sa toxicité – et dans ce cas, adapter les valeurs de tonnage à la production des nanoparticules afin que les précautions prévues puissent s'appliquer.

C'est cette démarche au plus près des réalités qui nous a animé concernant la question de l'étiquetage. Ce dernier se justifie pleinement dans certains cas (produits alimentaires, cosmétiques, vêtements, ...). On peut être plus dubitatifs dans d'autres (matériels électroniques, matériaux nanostructurés, ...).

Par ailleurs, nous soutenons, comme cela a été fait à l'occasion du Grenelle de l'Environnement, la mise en place d'une procédure de déclaration par les producteurs et importateurs de substances à l'état nanoparticulaire sur le territoire français car il est difficile, aujourd'hui, de savoir précisément qui fabrique ou vend des nano-objets ou des produits en incorporant.



LES NANOTECHNOLOGIES
Avis présenté par M. Alain OBADIA, rapporteur au nom de la section des activités productives, de la recherche et de la technologie. Publié le 4 juillet 2008 aux éditions des journaux officiels.

La protection des salariés doit être une préoccupation majeure

Pour ceux, de l'ouvrier au chercheur, qui travaillent en présence de produits nanoparticulaires, un processus de veille sanitaire renforcée devrait être mis en place. Sur les sites réunissant des salariés d'entreprises différentes, notamment en cas de sous-traitance, les compétences et l'organisation des CHSCT devraient être élargies en s'inspirant des CHSCT de site, pour que tous les salariés bénéficient des mesures de précaution et de prévention nécessaires.

Le respect des libertés individuelles et fondamentales ne doit jamais être oublié.

Les problèmes soulevés par les nanotechnologies concernent principalement leur convergence avec les TIC, les biotechnologies et les sciences cognitives. La CNIL a toute légitimité pour intervenir dans ce cadre et faire respecter des règles, à condition d'adapter ses moyens à la hauteur des missions de plus en plus lourdes qui lui sont confiées.

Les enjeux de normalisation sont tout à fait essentiels.

En effet, ils déterminent ce que devront être les règles à respecter. De ce fait, ils conditionnent, pour une part importante, la mise en œuvre de mesures de précaution et de prévention. Ils conditionnent aussi notre capacité et celle de l'Europe à lutter contre toutes les pratiques de dumping notamment sur les plans social et environnemental.

C'est pourquoi tous les acteurs concernés dans notre pays – pouvoirs publics, entreprises, organisations syndicales, associations de consommateurs – doivent se mobiliser pour participer pleinement au processus en cours. La France a encore des progrès à faire de ce point de vue.

Une très grande importance doit être accordée au développement du débat public dans toutes ses dimensions.

Il est de la responsabilité des pouvoirs publics d'en favoriser l'essor sous de multiples formes car l'objectif est d'éclairer les citoyens, les élus, les différents acteurs de manière objective et en fonction de l'évolution des connaissances, sur les risques, les bénéfices potentiels et les mesures à prendre.

Nous insistons dans le même temps pour que toutes les conditions soient créées pour que la réflexion et l'échange d'opinions soient le plus ouvert possible et mobilisent le maximum de citoyens au-delà du cercle des experts et des militants. À ce titre, nous nous félicitons que notre proposition de saisine de la CNDP se soit concrétisée permettant ainsi de favoriser cet échange citoyen à travers tout le pays.

En effet, le débat public est une dimension essentielle de la question car les peurs naissent de la méconnaissance des phénomènes mais aussi du sentiment que les préoccupations exprimées ne sont pas prises en compte. Le débat public permet de traiter ces deux aspects. Il permet d'aborder un aspect essentiel de la question du progrès technologique : sa maîtrise aussi organisée et consciente que possible par la société.





Conseil économique et social

Le Conseil économique et social de Bretagne (CESR) est l'assemblée consultative régionale au service de la démocratie locale. En tant que deuxième assemblée de la Région Bretagne, il « concourt par ses avis à l'administration de la région », en se prononçant sur toute question d'intérêt régional, en particulier dans les domaines de la formation, de l'enseignement supérieur, du développement économique, de la recherche, de l'aménagement du territoire, de l'environnement, de la culture, des solidarités.

Les 113 membres qui composent le CESR de Bretagne sont des acteurs du tissu économique et social régional. Ils représentent divers types d'organisations : entreprises, syndicats, institutions, associations.

COORDONNÉES

CESR de Bretagne
7 rue du général Guillaudot
35069 RENNES Cedex
www.cesr-bretagne.fr

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Résumé

Le CESR de Bretagne insiste sur la nécessité d'un véritable débat démocratique, permanent, à structurer, autour des nombreuses questions soulevées par les nanotechnologies. Il insiste sur les pré-requis nécessaires à la tenue de ce débat, comme la nécessité d'aboutir rapidement à une définition commune des termes « nanotechnologies », « nanomatériaux », « nano-objets »..., et la nécessité de développer une meilleure information, mais aussi une meilleure formation des citoyens.

Par ailleurs, le CESR considère que, compte tenu des résultats de certaines

recherches montrant qu'il existe des dangers potentiels, notamment en termes de santé humaine, les précautions devraient être très grandes en ce qui concerne le développement des applications. Ainsi, il insiste sur la nécessité de renforcer nettement l'effort de la recherche dans le domaine des risques. Il suggère que les mises sur le marché de nouveaux « nanoproduits » manufacturés ne puissent se faire qu'après des études indépendantes concernant les risques potentiels de ces produits pour l'Homme et pour l'environnement, et qu'avec un affichage et un étiquetage des produits.

La nécessité du débat démocratique

En une dizaine d'années, la recherche fondamentale sur les objets de taille nanométrique (1 nanomètre = 10^{-9} m = 0,000 000 001 m) a débouché sur le développement et la commercialisation de nano-objets et nanomatériaux manufacturés. Ces « nanoproduits » manufacturés se sont multipliés, sans que les risques

soient évalués, et sans nécessité de les déclarer, alors même qu'ils peuvent être à l'origine de dangers pour l'organisme humain et les écosystèmes, comme le soulignent les rapports scientifiques de nombreux organismes.

Ainsi, la recherche sur les risques est très faible par rapport à la vitesse des développements et des innovations ; ceux-ci se produisent en l'absence de réglementation appropriée et en l'absence d'application du principe de précaution.

Du fait de l'absence de contrôle, il n'existe aucun recensement exhaustif des « nano-produits » manufacturés mis sur le marché, ou des travailleurs potentiellement exposés.

Pourtant, les « nanoproduits » manufacturés ne sont pas tous des produits anodins et leur développement soulève de nombreuses questions, qui ne se résument d'ailleurs pas à celle de leurs effets potentiels

sur la santé et l'environnement, ni même à celle de leur potentiel économique (on parle de bénéfices à court terme alors que le développement des nanotechnologies est un engagement de long terme), mais qui sont aussi des questions d'ordre éthique, philosophique, juridique... On évoque ainsi, dans certaines applications, une « technologisation » du corps, des risques potentiels pour les libertés individuelles, etc.

Un préalable au débat démocratique : adopter une même terminologie et la faire comprendre

Des termes font l'objet de débats aux niveaux scientifique, juridique et politique. Ainsi la définition des termes « nanomatériaux », « nano-objets », « nanoparticules »... n'est pas fixée. Quelques remarques à ce sujet :

- > Les nanotechnologies regroupent *les outils, instruments, techniques* qui permettent d'étudier, de manipuler, de fabriquer et de mesurer les objets de la taille nanométrique, mais elles englobent aussi les *applications dérivées*.
- > Elles ne doivent pas être confondues avec les *nanosciences* qui visent à comprendre les phénomènes, lois physiques et propriétés nouvelles qui apparaissent dans les objets, dispositifs et systèmes dont au moins une dimension est nanométrique, du fait de cette dimension.
- > Au sujet des *nanoparticules* (qui sont des nano-objets comme le sont aussi les nano-fibres, nano-tubes, nano-couches...), il convient de bien distinguer celles qui sont *d'origine naturelle* (poussières volcaniques par ex.) ou *d'origine humaine non intentionnelle* (particules émises lors de la combustion par ex.), qui existent depuis toujours, et les *nanoparticules manufacturées*, qui sont produites intentionnellement. C'est sur ces dernières que doit porter le débat.
- > Le préfixe « nano » fait référence à la taille des objets mais les nanotechnologies ne sont pas qu'une nouvelle étape de la miniaturisation, car à l'échelle nanométrique, les matériaux et systèmes gagnent des propriétés nouvelles.

Nanotechnologies et alimentation

La réunion publique du 7 janvier 2010 à Rennes devait porter sur les nanotechnologies et l'alimentation. Par conséquent, le CESR de Bretagne s'est intéressé à cette question plus particulièrement.

Pour l'heure, il ne semble pas qu'il y ait eu de réflexion particulière sur les nanotechnologies dans le domaine alimentaire, en dehors des travaux de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) ;

travaux consistant à évaluer le nombre de produits déjà sur le marché et les bénéfices/risques de ces produits. Dans son rapport de mars 2009, l'Afssa cite parmi les produits potentiellement concernés : les médicaments à usage vétérinaire, les produits phytosanitaires, l'alimentation humaine et animale, les emballages, les procédés de traitement des eaux... Elle souligne, comme d'autres organismes (Afsset par ex.), que de nombreuses questions restent à résoudre avant que de pouvoir évaluer les risques liés à ces produits du fait qu'il n'existe pas de méthode permettant de mesurer et suivre le devenir

des nanoparticules manufacturées dans des matrices complexes (environnement, aliments, organismes). Concluant à l'impossibilité d'évaluer actuellement l'exposition du consommateur et les risques sanitaires liés à l'ingestion des nanoparticules, elle recommande la prudence et suggère que les dispositifs réglementaires évoluent pour exiger que ces substances ou produits dans l'alimentation soient systématiquement déclarés et conduire à des autorisations de mise sur le marché.

Selon le CESR, la question des nanotechnologies en lien avec l'alimentation devrait également tenir compte du statut anthropologique de l'alimentation qui fait que ce que l'on ingère consciemment est aussi porteur d'une charge affective et symbolique qui donne aux aliments une portée particulière.

Les spécificités des nanotechnologies

L'incertitude scientifique sur les effets à moyen et long termes des usages des nano-objets et nanomatériaux manufacturés n'est pas quelque chose de nouveau. De nombreuses décisions, judicieuses ou non, ont été prises dans un contexte de forte incertitude scientifique sur les effets. En revanche, ce qui semble nouveau c'est **le caractère générique du débat et des risques**, en lien avec la potentielle « omniprésence » des nanotechnologies (leur capacité à être présentes dans tous les domaines/secteurs d'activité). Dans les cas de références cités, on pouvait présager où se situait le danger, c'est-à-dire dans quel champ de l'activité sociale et économique : l'alimentation (étendue à celle du bétail) pour les OGM, la construction pour l'amiante, les soins de grossesse pour le distilbène. Par contre, les nanotechnologies :

- > sont potentiellement, et peut-être réellement, partout ;
- > alors même que leur diffusion échappe aux frontières communes (franchissement des barrières de la peau et de la cellule), y compris d'ailleurs les « frontières » scientifiques.

Un autre aspect spécifique aux nanotechnologies vient de ce que la difficulté à cerner le champ d'application se conjugue avec une forte spécificité de chaque produit. Il semble qu'à l'échelle nanométrique, les particularités notamment de forme et de taille rendent illusoire une réflexion générique sur « les nanos » et que le domaine de validité de la réflexion scientifique se limite, au mieux, à chaque application particulière (ainsi l'évaluation de la toxicité des nanoparticules ne peut, selon l'Afssa, s'envisager qu'au cas par cas). Cette difficulté ne serait pas prête d'être levée. **Ceci appelle un effort de recherche en sciences « dures », indépendante et accessible à tous, particulièrement important.**

En attendant, il faut **réintégrer les sciences sociales** dans le champ de la délibération publique car celles-ci, sans attendre les résultats des sciences « dures », ont des choses à dire sur les enjeux des nanotechnologies, comme par ex. en matière :

- > de démocratie et d'outils de délibération collective
- > de consommation éclairée
- > d'utilité sociale de la technologie
- > d'indépendance et d'accès aux savoirs
- > de contrôle et de libertés individuelles
- > d'économie...

La société et le pouvoir politique doivent prendre position alors même que certaines nanotechnologies sont déjà diffusées, sans que l'on sache où et en quelles quantités. Ceci pose la question d'une « bulle technologique », qui coupe les liens avec la société et fonctionne en vase clos.

Le fait que le débat public actuel puisse, à certains égards, être considéré comme un demi-échec (plusieurs réunions annulées) ne doit pas remettre en question **la nécessité du débat démocratique autour de ces questions fondamentales**, et la nécessité d'une participation effective des citoyens à l'élaboration des décisions qui seront prises dans ce domaine par le pouvoir politique.

Ce débat démocratique doit servir en outre de laboratoire pour anticiper d'autres débats futurs qui ne manqueront pas de surgir.

Parmi les réponses à mettre en place, le CESR de Bretagne suggère de :

- > renforcer nettement la recherche fondamentale autour des nanotechnologies et particulièrement autour de la question des risques ;
- > penser le bon usage de la fiscalité en lien avec la recherche fondamentale ;
- > promouvoir ce renforcement de la recherche au niveau national, mais aussi européen et international ;
- > développer la transversalité de la recherche : renforcer la recherche en sciences sociales dans les champs concernés, en interaction avec les sciences « dures » dans l'inter ou la transdisciplinarité ;
- > instaurer un débat démocratique permanent, à structurer, qui accompagnerait les avancées scientifiques et le développement d'une meilleure information et formation des citoyens. A cet effet, mettre à contribution les instances de la démocratie participative, instituées en régions, comme les Conseils économiques et sociaux régionaux ;
- > mettre en place au niveau national des mécanismes permettant d'associer scientifiques et société dans des débats de ce type, et construire des « chaînes de veille » ;
- > instaurer une protection juridique des scientifiques « lanceurs d'alerte » ;
- > permettre aux débats qui ont lieu autour du contenu des termes « nanotechnologies », « nanomatériaux », « nanoparticules », « nano-objets »..., ***d'aboutir rapidement à des définitions partagées*** en vue de rendre possibles l'adaptation du droit et de la réglementation, mais aussi des débats ultérieurs dans lesquels les citoyens pourront disposer d'un meilleur niveau d'information.

Par ailleurs, le CESR de Bretagne ne peut pas donner un avis qui soit un quitus au développement de produits non maîtrisés. Compte tenu des résultats des recherches montrant certains dangers potentiels, notamment en termes de santé humaine, les précautions devraient être très grandes.

Aussi les mises sur le marché de nouveaux « nanoproduits » manufacturés ne doivent pouvoir se faire qu'après des études indépendantes concernant les risques potentiels pour l'Homme et pour l'environnement et avec un affichage et un étiquetage des produits. Aucun nouveau « nanoproduit » manufacturé ne devrait pouvoir être commercialisé si sa non-toxicité n'est pas prouvée par ces études, tout en intégrant le niveau d'incertitude des connaissances. Faut-il aller jusqu'à suspendre la commercialisation des « nanoproduits » n'ayant pas fait l'objet de telles études ? La question mérite d'être posée.

Le CESR de Bretagne fait à cet égard quelques suggestions :

- > rendre obligatoires les études de toxicité avant toute mise sur le marché de nouveaux « nanoproduits » ;
- > envisager que des « nanoproduits » puissent être interdits de commercialisation ;
- > obliger les entreprises à déclarer auprès d'organismes tels que l'Afsset et l'Afssa (ou la nouvelle agence sanitaire les regroupant), les « nanoproduits » qu'elles fabriquent ou utilisent (comme le prévoit d'ailleurs le projet de loi portant engagement national pour l'environnement, art. 73) ;
- > imposer un devoir d'information des consommateurs.

Enfin, ne conviendrait-il pas de regarder la question des nanotechnologies en distinguant les différents domaines d'application ? En effet, faut-il mettre sur le même plan le développement d'applications dans le domaine de la médecine (domaine où les applications peuvent présenter des bénéfices évidents) et celui d'applications dans les domaines des cosmétiques, des TIC, du textile, etc. ?



CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Conseil Économique et Social de Franche-comté

La collectivité régionale présente un caractère original dans le paysage institutionnel français. Elle est en effet dotée de deux assemblées : un Conseil régional élu au suffrage universel et un Conseil économique et social, à vocation consultative, représentant les corps intermédiaires.

La mission de ce dernier est d'éclairer les décisions des élus régionaux en exerçant pour ce faire une mission d'expertise et de prospective.

Le Conseil économique et social choisit puis construit ses réflexions en s'appuyant prioritairement sur sa richesse intellectuelle provenant du collectif et de la diversité des expériences de ses membres. En Franche-Comté, le CES a adopté une démarche singulière : la réflexion-action par laquelle **il accompagne la mise en œuvre concrète de ses préconisations.**

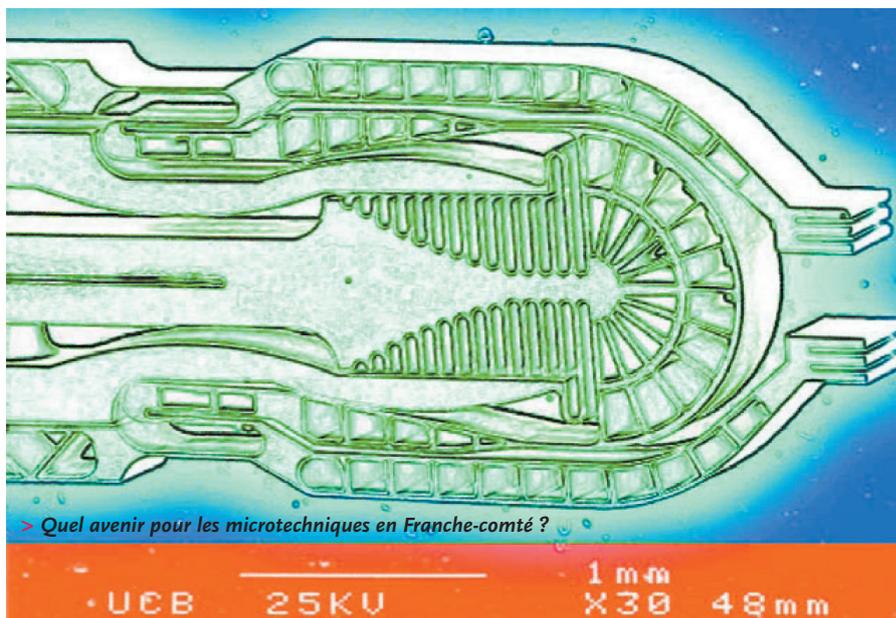
La thématique « nanotechnologies et compétitivité » fait écho à de récents travaux du CES : sur les microtechniques, sur les savoir faire de nos Pme et l'innovation. **Sa contribution s'appuie donc naturellement sur ses analyses et sur la démarche originale qu'il a conduite avec des industriels du secteur des microtechniques :** il les a accompagnés dans leur volonté de se rencontrer, de s'organiser puis de construire une stratégie collective. Forts de cette dynamique,

ils ont répondu à l'appel à projet lancé par l'Etat sur les pôles de compétitivité et obtenu, en 2005, la labellisation du pôle microtechniques. Le rôle singulier joué par le CES s'est traduit par la prise en compte, dans le projet, du volet « ressources humaines » et la création d'une commission consacrée au dialogue social. Animée par le président du CES, elle œuvre en faveur de l'emploi, l'insertion professionnelle des jeunes, la qualification et la reconnaissance des compétences.

Face au défi que représente, pour les PME notamment, la mondialisation dans un secteur marqué par d'incontestables innovations pointues mais aussi de légitimes interrogations des citoyens, le CES considère que la démarche de pôle conjuguée à une pratique élargie du dialogue social est déterminante.

COORDONNÉES

Conseil Économique et Social
de Franche-comté
4 Square Castan
25 031 Besançon cedex
Tél. : 03 81 61 62 90
Fax : 03 81 82 83 03
cesr@franche-comte.fr
www.cesr.franche-comte.fr



Autosaisine - Mai 2009

L'industrie franc-comtoise dispose de savoir faire hérités d'une longue tradition industrielle et artisanale s'exerçant principalement dans un tissu dense de PME/TPE. La métallurgie, première branche professionnelle de Franche-Comté, dispose notamment d'une maîtrise du « tout petit » qui a trouvé son développement dans l'horlogerie, marquée par un échange de savoirs entre la France et la Suisse. Elle a su tirer parti de l'expérience acquise dans ce domaine pour adapter ses savoir faire à la technique du très précis et du tout petit et atteindre un niveau d'excellence reconnu internationalement dans des secteurs très diversifiés : la mécanique, l'électronique, la connectique, le découpage, l'usinage, le décolletage, le traitement de surface, la mécatronique, l'optronique, la micro-robotique applicables dans l'horlogerie, le biomédical, la lunetterie, l'automobile, l'aéronautique, etc.

Elle englobe largement la filière des **micro-techniques et nanotechnologies** qui trouve des applications tant au niveau du développement de produits propres qu'au niveau transversal, au sein des activités ci-dessus mentionnées.

La Franche-Comté dispose sur son territoire d'un panel de formations couvrant, pour la plupart, les besoins de la filière. Elle bénéficie également d'un potentiel de recherche qui s'est structuré à travers FEMTO, plateforme technologique d'envergure européenne de micro fabrication. Cette alchimie entre savoir faire et innovation trouve sa concrétisation à travers la labellisation, en juillet 2005, du pôle microtechniques.

Pour autant, les nombreuses PME de ce secteur d'activité sont confrontées à des évolutions importantes dans les métiers et les qualifications et à une forte concurrence avec des risques de délocalisation de certaines productions et, par là même, une fragilisation de l'emploi, notamment dans les entreprises sous-traitantes. Il leur faut par conséquent s'adapter, diversifier leur production, innover et intensifier leur positionnement sur le marché des produits finis.

C'est tout l'enjeu du passage d'une économie d'imitation – ou de rattrapage – à une économie de l'innovation, en composant avec un certain nombre de réglementations, d'exigences techniques

et sociétales que les entreprises ne maîtrisent pas forcément. D'où la nécessité d'inventer des solutions, des pratiques permettant de les assumer au profit de leur développement.

Les enjeux de la compétitivité pour les PME

> Apprécier l'éventail des besoins à satisfaire

Le secteur des microtechniques et nanotechnologies est marqué par une très forte dynamique d'innovation. Par conséquent, dans un objectif de compétitivité mondiale, le développement commercial des entreprises ne repose plus seulement sur l'acquis technologique de ses salariés. Il nécessite d'être complété par de nouvelles compétences dans des domaines aussi ouverts que la conception, le design par exemple.

Les PME sont ainsi confrontées à un élargissement de l'éventail des besoins à satisfaire sur le marché.

> Connaître les marchés et combiner les technologies

Les donneurs d'ordre demandent de plus en plus des solutions fonctionnelles, sous la forme d'un ensemble de propriétés fonctionnelles de l'objet, composant ou sous ensemble, qui sera intégré avec le client dans un système complet (véhicule, appareillage).

L'adaptabilité de nos PME aux défis à venir repose par conséquent sur leurs capacités à **gérer efficacement la connaissance des marchés et leur capacité à combiner des technologies, existantes ou nouvelles, avec les besoins évolutifs de ces marchés.**

> Se concentrer sur des savoir faire performants et spécifiques

La globalisation de l'économie met chaque entreprise en concurrence potentielle avec un nombre sans cesse croissant d'autres entreprises localisées dans d'autres territoires. Compte tenu de l'écart du coût de main d'œuvre entre notre territoire et les pays qui accèdent aujourd'hui à l'économie globalisée, nos entreprises doivent se

doter rapidement d'une **offre différenciée** répondant de façon nouvelle aux besoins les plus stables et aux besoins nouveaux.

> **Aller vers une mutualisation interentreprises**

Face aux investissements lourds rendus nécessaires par l'évolution des technologies existantes et, a fortiori, l'acquisition et la protection de savoir faire spécifiques, les PME sont conduites à rechercher la mutualisation et la complémentarité interentreprises, le recours à des centres scientifiques ou techniques mutualisés.

Cela suppose l'acquisition d'une compétence en **montage et pilotage d'alliances stratégiques**.

> **Le rôle du pôle de compétitivité microtechniques**

Un pôle de compétitivité a vocation à porter des projets d'envergure, aux investissements et aux enjeux économiques importants. Il mobilise des systèmes collaboratifs complexes. Il favorise la convergence d'intérêts et la mutualisation des risques.

Telle est la mission que doit assurer le pôle microtechniques labellisé en 2005 en Franche-Comté, apportant ainsi l'appui nécessaire à nos PME pour répondre aux défis développés ci avant.

Par ailleurs, le pôle franc-comtois dispose d'une spécificité, unique à ce jour : son projet inclut un volet intitulé « **le dialogue social et la politique des ressources humaines dans la filière** », traités au sein d'une commission spécifique. L'objectif est de mieux prendre en compte les « Ressources Humaines », de **mieux articuler innovation technique et innovation sociale** (prise en compte des impacts métiers/compétences, organisation, conditions de travail et gestion du changement social).

L'innovation sociale pour accompagner les innovations techniques

Face aux phénomènes de montée en puissance d'économies émergentes à fort potentiel humain, développement des moyens de communication et d'échanges rapides, culture aujourd'hui mondialisée de l'innovation technologique, les acteurs de la filière microtechniques/nanotechnologies rencontrent :

> **des menaces** : perte de sens des objectifs sociaux et économiques dans une course pour la compétition, tentation de repli sur soi en réaction à ces menaces, crainte exprimée par les citoyens devant des produits et des technologies innovantes aux impacts encore incertains...

> **des opportunités** : ouverture à des mondes nouveaux dotés de potentiels importants, économiquement porteurs et culturellement complémentaires, croissance des sources d'information, des moyens, des méthodes, prise de conscience collective du besoin de réflexion et d'actions collectives pour gérer des enjeux dépassant le cadre naturel d'action des individus, comme des entreprises.

Il est donc important de conduire une réflexion prospective sur les enjeux et les risques d'une telle évolution du tissu industriel des microtechniques et des nanotechnologies et de déterminer les objectifs de démarches ou dispositifs d'anticipation ou d'accompagnement.

> **Intégrer la dimension « ressources humaines » dans la conduite de projet**

Tout projet d'innovation comporte des impacts « Ressources Humaines ». Si les dimensions métiers et compétences sont naturellement prises en compte, d'autres dimensions comme les évolutions d'organisation du travail et les conditions de travail sont souvent négligées, au risque de remettre en cause les résultats attendus en termes de performance économique. Il est donc important, dès les phases de conception, de prendre en compte les évolutions de process et les conséquences en termes de conditions de réalisation d'activité et d'évolution des métiers afin de fiabiliser les investissements (souvent lourds) engagés.



L'accompagnement de ces mutations passe ainsi par une approche globale de la gestion prévisionnelle des emplois et des compétences prenant en compte la gestion des âges, l'organisation du travail, l'amélioration des conditions de travail, l'adaptation et l'évolution des compétences des salariés, notamment des salariés de bas niveau de qualification ou confrontés à un risque d'obsolescence de leurs compétences professionnelles.

Gérer des projets d'innovation implique donc de maîtriser des savoir-faire de gestion du changement social, en somme l'« innovation sociale » qui, en franchissant les portes des entreprises, profite conjointement à sa compétitivité et à ses salariés.

> La mise en place d'un dialogue social dans la filière microtechnique franc-comtoise

La promotion et l'organisation du dialogue social dans la filière et la mobilisation pour le développement et l'adaptation des compétences et des emplois dans les entreprises sont ainsi le complément de l'action engagée pour la structuration et le développement de la formation professionnelle. Au regard de l'enjeu du pôle de compétitivité, la démarche engagée par les partenaires sociaux est de renforcer simultanément la **performance** de l'entreprise et la **reconnaissance** des salariés au travail.

À travers la promotion et l'enrichissement du dialogue social, ils veulent ainsi créer une dynamique d'échange et d'innovation au niveau de la communauté d'acteurs, réunis autour d'une stratégie territoriale.

C'est la qualité de ce dialogue qui, au-delà des jeux institutionnels traditionnels, en dehors de la pression des enjeux de négociation, peut offrir la prise de recul et permettre d'aborder les questions avec le maximum d'ouverture d'esprit et d'inventivité.

En incluant la dimension dialogue social dans la gouvernance du pôle microtechnique, la Franche-Comté confirme ainsi sa vocation de « terre d'innovations sociales » qui a su exprimer une certaine créativité. Pour répondre aux défis des nanotechnologies dans le monde industriel d'aujourd'hui, tant en termes de compétitivité des entreprises – notamment petites – qu'en termes de révolution sociétale, un dialogue de qualité, inventé chaque jour en fonction des questions, des publics, des produits peut permettre de concilier la nécessaire évolution de nos productions et le légitime principe de précaution.

SYNTHÈSE

La compétitivité économique et sociale des PME franc-comtoises du secteur microtechniques repose en partie sur la mise en mouvement des acteurs dans les entreprises et à un niveau institutionnel. Le pôle de compétitivité microtechniques a vocation à organiser ce mouvement. Il repose à la fois sur le montage de projets collaboratifs innovants impliquant industriels, chercheurs, acteurs de la formation et du transfert technologique, et sur une démarche de réflexion collective sur les enjeux, les opportunités et les risques pour la filière. Elle vise à :

> disposer d'une vision large et transversale des problèmes de compétitivité pour définir les voies et moyens d'un accompagnement des mutations,

> mobiliser le plus grand nombre d'acteurs, industriels, innovateurs, formateurs, partenaires sociaux pour définir les projets permettant de répondre aux besoins d'innovation ou d'adaptation technologique, mais aussi aux menaces sur l'emploi et aux préoccupations sociétales.

Partage de points de vue et d'expérience, aptitude à l'écoute et la compréhension de positions parfois contradictoires et recherche collective d'actions concertées autour d'objectifs communs : tels sont les fondamentaux de la pratique du dialogue social en Franche-Comté.





CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Le CESR Rhône-Alpes, assemblée consultative, propose, éclaire et analyse les choix régionaux. Les 116 membres représentent plus de 60 organisations régionales socioprofessionnelles. Ils sont le visage de la société civile dans toute sa diversité. Ils créent ensemble une richesse de propositions issue des compétences et des savoirs collectifs. Le CESR est un partenaire direct et privilégié du Conseil régional. Il est aussi un lieu d'échanges, de projets, de prospective au bénéfice de tous les décideurs de la région.

Conseil Économique et Social Rhône-Alpes

Les nanotechnologies : regards de la société civile rhônalpine

L'appropriation par la société rhônalpine des enjeux des Nanosciences et des Nanotechnologies (N&N) est essentielle dans la mesure où l'ensemble de ses composantes est concerné : jeunes, adultes, salariés et consommateurs, décideurs, acteurs de la communauté scientifique. Il s'agit également d'une démarche complexe conjuguant l'immatérialité du sujet, les craintes qu'il suscite et les enjeux économiques.

C'est à travers ces multiples dimensions que le cahier d'acteur du CESR Rhône-Alpes propose d'aborder la question de l'appropriation sociétale des nanotechnologies, dans la continuité de ses réflexions menées sur les rapports entre science et société¹ et sur la démocratie participative².

En raison de l'importance particulière que représentent les nanotechnologies en Rhône-Alpes, ce cahier d'acteur du CESR Rhône-Alpes a été alimenté entre autres par :

- > un questionnaire ouvert destiné aux conseillers de la Commission Enseignement supérieur et recherche,
- > un séminaire de travail organisé le 21 janvier 2010, autour de plusieurs experts.

COORDONNÉES

CESR Rhône-Alpes
78, route de Paris – BP 19
69751 Charbonnières-les-Bains Cedex
Tél. : 04 72 59 49 73
Fax : 04 72 59 51 98
Email : cesr@rhonealpes.fr
Site internet : www.rhonealpes.fr

1. Le CESR Rhône-Alpes s'est penché sur cette question dans la contribution « Science et société : quelle appropriation par la société civile ? Eléments pour un débat », septembre 2007

2. CESR Rhône-Alpes, Évaluation de la politique régionale en faveur de la démocratie participative, octobre 2009

Les nanotechnologies en Rhône-Alpes : une recherche forte et un potentiel économique important

Les nanotechnologies sont un élément fort de l'économie de la connaissance dans laquelle Rhône-Alpes s'inscrit : un schéma régional de l'enseignement supérieur et de la recherche fixant un cadre d'ensemble volontariste pour le développement de l'offre de formations supérieures et pour le soutien à la recherche, 14 clusters de recherche organisant un travail en réseau sur des thématiques jugées prioritaires, 15 pôles de compétitivité...

Tous les grands secteurs concernés par les nanotechnologies (santé/médecine, chimie, textile, technologies de l'information et de la communication, matériaux et à travers eux, l'énergie, l'environnement et les transports...) sont représentés en Rhône-Alpes.

Au-delà de Grenoble, tête de pont de la recherche « dédiée » en matière de N&N, c'est l'ensemble de la recherche et de l'industrie régionales qui est concerné par les nanotechnologies, notamment autour des pôles de compétitivité Minalogic mais aussi Lyon Biopôle, Lyon Urban Trucks & Buses, Axelera, Techtera, Tenerrdis, ou encore Plastipolis. Les pôles, porteurs de projets collaboratifs (universités et entreprises) constituent une courroie de transmission essentielle pour transformer les résultats de la recherche en développements économiques.

• La recherche sur les nanotechnologies en Rhône-Alpes est très développée :

Les programmes de soutien aux nanotechnologies sont nombreux : Réseau Thématique de Recherche Avancée (RTRA) de Grenoble, Ingénierie@Lyon...

Les grands organismes de recherche publique (CEA-LETI/Minatoc, CNRS, INSERM...) peuvent bénéficier de grandes plateformes techniques collabora-

tives et de nombreux réseaux (RTRA...) contribuant à la bonne articulation des actions entre les acteurs de la recherche et les développements en matière de santé, énergie, communication, transport...

Il est important de souligner le fait que les activités de recherche, toutes disciplines confondues, sont un enjeu principal pour la région Rhône-Alpes, deuxième région française après l'Île-de-France par la taille de la recherche. Avec plus de 21 000 chercheurs (équivalent temps plein) dont 13 000 du secteur privé, elle représente près de 12 % du potentiel français de recherche. **Rhône-Alpes est créative scientifiquement et technologiquement** avec :

> **6 800 publications par an**
(12,9 % des publications françaises)

> **1 480 brevets par an**
(15,7 % des demandes de brevets français)

Sachant que la recherche en nanotechnologies est capable d'irriguer différents autres champs en raison de sa transversalité, elle en devient un enjeu majeur pour cette région.

• Les applications des nanotechnologies :

L'intérêt et l'enjeu de ces recherches ne s'arrêtent pas à l'activité de recherche en tant que telle. Elles représentent aussi un potentiel de développements économiques importants.

La région Rhône-Alpes se caractérise également par une grande densité de pôles de compétitivité, comme Minalogic, Lyon Biopôle, Axelera, Techtera, Plastipolis... Structures de rencontres entre la formation, la recherche académique et l'entreprise, ils jouent un rôle essentiel pour amener les résultats de la recherche vers des usages sociétaux et des applications « marchés », ainsi que pour générer du développement économique.

Le débat citoyen en Rhône-Alpes

En matière scientifique, la société est placée en position de « réceptrice » et d'utilisatrice des avancées de la connaissance. Elle ne peut rétroagir qu'a posteriori, lorsqu'elle valide les choix effectués mais aussi lorsqu'elle en subit les errements. Cette position de « réceptacle ex post » est renforcée avec l'immatérialité apparente des nanotechnologies et des nanoproducts.

Face à l'incertitude inhérente à tout choix engageant l'avenir, les hommes sont plus que jamais soumis à des injonctions contradictoires. L'infiniment petit cristallise des visions situées entre espoirs de progrès social, médical, économique, écologique... et craintes sur les risques sanitaires, environnementaux et aussi de confidentialité, potentiels.

La complexité des situations, de leurs dynamiques, l'exacerbation de contradictions ont tendance à induire une convergence « naturelle » entre le politique et le scientifique, avec un possible effet d'éviction du citoyen. La démarche d'appropriation des choix scientifiques et technologiques suppose de dépasser l'acceptation, subie, pour une véritable appropriation, réfléchie, sélective et raisonnée.

Consultations, colloques, forums, expositions..., le débat participatif s'est installé en Rhône-Alpes. Même si l'expérience montre que la confrontation d'arguments est très difficile à organiser, rien ne justifie une contestation qui empêche le dialogue. Le CESR est très attaché à la vitalité du débat public, démocratique, respectueux des opinions de chacun.

Pour le CESR Rhône-Alpes, une ligne de conduite : agir en connaissance... de conséquences

Le CESR est particulièrement attentif aux points suivants :

• Développement des actions de recherche (amont et intégrée) en matière de nanotechnologies dans la région

Poursuivre et encourager l'effort de recherche régional. Les recherches conduites dans le domaine des risques (impacts environnementaux, impacts sur la santé humaine des nanomatériaux et des nanoproducts) doivent également être renforcées pour accompagner cet effort.

• Maîtrise sociale de la mise sur le marché de produits issus des N&N, y compris des produits importés

Le CESR estime qu'il est essentiel de se saisir des problèmes posés par le transfert de connaissances vers les développements industriels. Ce transfert doit intégrer les conséquences environnementales et de santé des développements industriels. L'éco-conception devra être prise en compte dans le développement des produits nanomanufacturés, en particulier pour en faciliter la traçabilité et le recyclage.

Le CESR propose de :

> former les agents des services de l'Etat en charge des contrôles spécifiques aux nanotechnologies (dans le domaine industriel, alimentaire, sanitaire, environnemental et le contrôle aux frontières...), sur le modèle des contrôles existants dans d'autres domaines (nucléaire, médical...).

> qualifier de manière différenciée les différents domaines d'application des nanotechnologies et des nanoparticules. Un raisonnement au cas par cas est nécessaire, compte tenu de la multiplicité des

nanotechnologies, nano-objets, nano-composants. Dans ce champ très large et hétérogène, l'approche risques/avantages doit être menée au cas par cas. Pour chaque grand type d'application, cette analyse est cruciale, afin de permettre de voir ce que les applications des nanotechnologies peuvent apporter à notre société, en termes de progrès et de risque.

• **Standardisation des Méthodes / Normalisation**

> Mettre en place des référentiels et des méthodes d'analyse standardisées. Le manque ou l'absence de standardisation gêne (voire empêche) en effet l'acquisition de données objectives et comparables sur les impacts des N&N sur la santé et l'environnement.

> Créer des normes de qualité et environnementales adaptées aux nanoproduits, communes pour l'ensemble des pays de l'UE.

• **Information et protection**

Des salariés

> Prendre les dispositions nécessaires pour la protection des travailleurs des N&N afin de réduire à minima l'exposition des salariés, en veillant à prendre tout particulièrement en compte la situation des salariés d'entreprises de sous-traitance. Un suivi médical spécifique, sous forme de veille sanitaire pour les salariés impliqués dans la manipulation des nanoparticules manufacturées et des nanotechnologies est impératif, à l'instar de ce qui existe dans d'autres secteurs sensibles,

> Adapter les formations professionnelles,
> Créer des banques de données centralisées sur les effets indésirables.

Des consommateurs

> Mettre en place une traçabilité : systématiser les démarches d'évaluation à toutes les étapes de cycle de vie des produits incorporant des nanotechnologies (notamment ceux qui sont importés), depuis la fabrication jusqu'à l'élimination,
> Rendre obligatoire l'information sur la présence de nanoparticules dans les produits de grande consommation

(produits alimentaires, cosmétiques, habillement...) par un étiquetage clair et commun à l'échelle de l'UE.

Du public

> Intégrer les problématiques des nanoproduits dans les plans régionaux de santé publique,

> Initier des études toxicologiques et à terme épidémiologiques sur la population,

> Créer des dispositifs du type CLIS (Commissions locales d'information et de surveillance) et CLIC (Comités locaux d'information et de concertation) sur les territoires et les sites industriels concernés par les nanotechnologies.

• **Environnement et biodiversité**

> Étendre le règlement européen REACH aux nanotechnologies et nanoproduits,

> Réaliser des études d'impact des nanoparticules sur la faune et la flore (écotoxicité...).

• **Gouvernance**

> Le CESR Rhône-Alpes suggère la création d'une haute autorité nationale chargée des nanotechnologies.

Instance de veille, elle serait chargée, en toute indépendance, de valider les orientations stratégiques et de jouer un rôle de contrôle des normes et d'évaluation.

> Compte tenu du poids des N&N dans la région, le CESR pense qu'une instance de gouvernance territoriale, chargée du suivi permanent des activités de recherche et de développement industriel des nanotechnologies, pourrait aussi être expérimentée en Rhône-Alpes, en liaison avec les collectivités concernées.



La confédération française démocratique du travail (CFDT) est la première organisation syndicale de salariés française en nombre d'adhérents (814 000 en 2008). Elle est membre de la confédération européenne des syndicats et de la confédération syndicale internationale. La CFDT fait du dialogue social le moyen de construire des compromis favorables à l'amélioration de la situation des salariés. Ses principaux axes de revendications portent sur la sécurisation des parcours professionnels, la qualité de la vie au travail, la réduction des inégalités, notamment de salaires et de revenus. Elle inscrit son action dans la perspective d'un développement durable et dans le cadre de la construction européenne. Elle agit en particulier pour une Europe plus active en matière de politique industrielle et de recherche.

COORDONNÉES

CFDT

4 boulevard de la Villette 75955

Paris cedex 19

Secrétariat : 01 42 03 82 38

Fax : 01 53 72 85 56

<http://www.cfdt.fr>

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Il est temps que le débat s'engage

La CFDT, qui a su discuter très précocement des « dégâts du progrès » et de la gestion des risques, apprécie l'organisation de ce débat public. Les nanotechnologies sont, comme toutes les techniques, ambivalentes : porteuses de progrès mais aussi d'inquiétudes, voire de destructions.

La CFDT s'inscrit dans le soutien à l'innovation, au développement régulé à l'échelle européenne des systèmes de recherche publics et industriels, à la création de nouveaux espaces de dialogue entre scientifiques de bonne volonté et citoyens de bonne foi, à l'invention de nouvelles formes de discussion des connaissances bien au delà des seuls cénacles de spécialistes.

La singularité du débat sur les nanotechnologies

Les nanotechnologies sont **banalisées**, présentes depuis plus d'une décennie dans les industries de pointe (aéronautique, nouveaux médicaments, nouveaux matériaux en chirurgie de réparation, nouveaux outils de communication) et dans la vie quotidienne (pneus à longue durée de vie, peintures, cosmétiques, textiles pour l'habillement, puces des téléphones portables). Elles présentent un potentiel considérable de développement et d'applications dans des champs déterminants pour la compétitivité des acteurs économiques et pour l'amélioration de « biens sociaux » comme la santé et l'environnement.

Malgré cette perception neutre ou positive des nanotechnologies et de leurs produits dérivés, **des interrogations ont émergé a posteriori** du sein des filières productrices et utilisatrices, concernant la **santé des travailleurs** en contact avec les nanoparticules, et de la généralisation du souci des **contaminations environnementales**, porté par le Grenelle.

Se sont greffées aussi des **interrogations plus culturelles et sociétales** : d'une part sur l'essence même ou la légitimité des nanosciences, qui manipulent et créent des entités à l'échelle des constituants fonctionnels du vivant ; d'autre part sur les possibilités d'applications subreptices en contradiction avec le respect de libertés fondamentales, à l'insu des utilisateurs.

Les attentes de la CFDT en matière de développement et de régulation des nanotechnologies

Préserver la santé des travailleurs

Après le scandale de l'amiante, qui a fait des milliers de morts, la CFDT n'accepte pas que des produits soient fabriqués et manipulés sans connaître leurs effets potentiels sur la santé humaine et l'environnement : l'identification et l'évaluation des risques doit être prise en compte bien avant le passage à la fabrication industrielle.

La loi du 3 Août (article 42) rappelle l'information due aux salariés en matière de nanotechnologies et la nécessité de l'améliorer. L'article 39 propose l'expérimentation concertée avec les partenaires sociaux de dispositifs assurant un meilleur suivi des expositions professionnelles aux substances nocives. La CFDT propose une traduction concrète de ces intentions :

- > Les travailleurs et les représentants du personnel doivent être informés, formés et **responsabilisés** dans l'évaluation des risques et les mesures de prévention spécifiques aux nanoparticules (suivi des expositions poste par poste).
- > Les intérimaires et les sous-traitants doivent bénéficier des mêmes dispositions. L'exposition aux nanoparticules doit faire intégrer le dispositif de traçabilité des expositions professionnelles tout au long de carrière professionnelle des salariés à l'instar des CMR et des produits phytosanitaires.
- > Les nanomatériaux passent d'entreprise en entreprise tout au long de la fabrication et la distribution du produit final : tous les salariés des entreprises concernées doivent être informés et consultés au niveau des CHSCT. En l'attente de techniques de détection permettant la traçabilité des nanomatériaux qui doivent faire l'objet d'une recherche immédiate, seule la déclaration obligatoire prévue auprès de l'autorité administrative pourra garantir la continuité de la chaîne d'information entre les différents acteurs économiques et leurs salariés. **Cette déclaration doit donc être notifiée d'entreprise productrice à entreprise utilisatrice.**

Appliquer la réglementation REACH aux nanoparticules et nanomatériaux.

La CFDT soutient la résolution de la CES sur les nanotechnologies et les nanomatériaux (25 Juin 2008). Elle revendique l'extension et l'adaptation des dispositions du règlement européen REACH aux nanoparticules.

L'accord réalisé autour de REACH au niveau européen peut grandement **faciliter une réglementation européenne sur les nanomatériaux.**

Investir dans une Recherche visant autant l'action que la régulation

> Pour construire l'expertise publique

L'expertise est d'abord chez ceux qui sont praticiens des nanotechnologies, publics et industriels. Laisser le champ du développement des nanotechnologies à l'industrie seule, et confiner la recherche publique à un rôle de commentateur ou de lanceur d'alerte sur ce que les autres font serait reproduire la situation développée autour des PGM, source du retard peut-être irratrapable que nous connaissons.

La communauté scientifique publique doit pouvoir conjuguer des recherches pour l'action (s'impliquer dans l'invention de nouvelles entités nanoparticulaires, en comprendre les propriétés, etc...) et la mise à disposition de la société d'une information accessible, notamment sur les aspects de sécurité pour la santé humaine et environnementale. Les experts publics, après déclaration d'intérêt, et dans le respect du secret industriel, peuvent assumer ce rôle avec la confiance de tous.

La CFDT demande que tout projet nanotechnologique, industriel ou académique, soutenu par les agences de financement françaises, comporte non seulement un volet sur la sécurité et les conséquences économiques de l'innovation, mais aussi une section « pédagogique » dessinant l'explication au public de l'intérêt de cette recherche et de son respect des préoccupations éthiques et environnementales.

> Pour assurer une bonne synergie transdisciplinaire, préalable à une « nanotoxicologie ».

Le champ des nanosciences doit être défini au-delà de la seule référence à la taille physique des nanoparticules, vision restrictive qui induit des recherches en termes de sécurité essentiellement appuyées sur la physique. Une synergie transdisciplinaire faisant appel aussi bien à la chimie qu'à la biologie structurale ou cellulaire, à la virologie structurale ou à la biologie des membranes, permettra de mettre au point des modèles prédictifs des modes d'impact sur le vivant des nanoparticules, favorablement ou dange-reusement.

La mise au point de modèles toxicologiques fiables et standardisés adaptés aux nanoparticules exige le dialogue interdisciplinaire. La CFDT demande que les agences de financement soient exigeantes voire contraignantes sur le dialogue entre disciplines (y compris sciences humaines) autour des nanotechnologies.

Rénover la pédagogie à l'adresse des citoyens et des consommateurs

Si l'on veut éviter que les nanotechnologies aient à réaliser une « reconquête de l'opinion »,

le devenir des nanoparticules tout au long du cycle de fabrication et d'utilisation des produits (jusqu'à leur élimination comme déchets) doit être expliqué : les formes libres sont-elles seules actives sur la santé humaine, l'environnement ? Lorsque les nanoparticules sont intégrées à une matrice (pneu, vernis) leur réactivité spécifique est-elle confinée définitivement, ou peut-elle « s'échapper » par usure, travail ou destruction ultime du matériau ? Ces questions ont un enjeu fondamental (comprendre comment l'incorporation de nanoparticules confère des propriétés nouvelles à un matériau composite), mais aussi appliqué (durabilité d'un matériau, mesures de sécurité à anticiper, traçabilité des nanoparticules) et enfin pédagogique : elles sont au cœur des inquiétudes des non-spécialistes, auxquelles il faut répondre en termes compréhensibles.

Des métiers transversaux de « passeurs de connaissances » en direction de tous les publics (adultes et scolaires) pourraient être créés, assurant un débouché à des doctorants et popularisant le travail de régulation de développement de la connaissance des Agences et des organismes spécialisés (AFSSA, AFSSAPS, AFSSET, INERIS, INRS).

On peut imaginer déléguer cette mission en partie à une Haute Autorité nouvelle : **mais le CSRT d'une part, le Haut Comité des Biotechnologies d'autre part (qui examinera les nanobiotechnologies), tous deux associant la société civile, tous deux ayant vocation de communication à l'égard des Parlementaires et des citoyens, pourraient peut-être y veiller de concert ?**

Agir en cohérence européenne

La CES, les organisations de consommateurs par leur position unifiée, plusieurs ONG, ont montré leur capacité à construire des consensus au niveau européen. Il serait impensable, autant au plan technique (les produits circulent librement en Europe) qu'au plan politique, que les salariés et les citoyens soient en avance dans cette aspiration à une régulation européenne sur des gouvernants protectionnistes, des entreprises timorées ou une Commission qui ne semble plus porter de projet européen. **La CFDT, avec la CES, fera tout pour forcer à une régulation européenne des nanotechnologies.**

En appeler à la responsabilité sociale et environnementale des entreprises

C'est la pierre de touche de la préoccupation du Développement Durable au sein des entreprises, comme vis-à-vis de leurs partenaires. **La RSE appelle une révision des priorités stratégiques :** en comparaison des investissements financiers consacrés à la recherche et au développement commercial des produits, les efforts consacrés à la prévention et aux études de risque doivent être accentués et intégrés par anticipation à la stratégie d'innovation des entreprises, ou contractualisés avec des organismes compétents.

Bien soupeser l'impact des nanotechnologies sur la compétitivité des entreprises, les créations d'emplois, les nouvelles qualifications.

Les nanotechnologies sont l'objet d'une intense compétition internationale et peuvent être motrices pour la compétitivité et l'indépendance technologique. Les évaluations en termes d'emplois futurs sont pour l'instant incertaines. Ces deux aspects méritent un vrai travail de modélisation, et donc de recherche. **Les nanotechnologies ne doivent pas être un miroir aux alouettes comme les biotechnologies, faute d'engagement des entreprises.**

Gérer aujourd'hui le futur : que chacun assume ses responsabilités !

Un article de Syndicalisme Hebdo
(juillet 07) extrait :

« Le nanomonde, entre fiction et réalité, émerveille et effraie »

Côté pile, les nanotechnologies offrent d'immenses potentialités de productions innovantes et utiles. Côté face, elles suscitent de multiples questions d'éthique.

Les nanos sont là.

La plupart des applications sont au stade de promesses. Néanmoins, des produits intégrant des nanos sont d'ores et déjà commercialisés, ceci en dehors de toute norme et de toute réglementation. Ainsi des oxydes de titane nanométriques sont-ils introduits dans les crèmes solaires et des nanotubes de carbone renforcent déjà de nombreux produits. Les verriers développent des vitrages autonettoyants... Mais, les nanotechnologies, aussi prometteuses soient-elles, suscitent de multiples questions. En France, le Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé (CCNE), soulève, dans un rapport du 1er février 2007, la question de la traçabilité : « *Si les nanoparticules échappent du fait de leur taille aux moyens de détection habituels, il serait imprudent de les introduire subrepticement dans l'environnement et le corps humain.* ».

L'IRSST (Institut de recherche en santé et en sécurité du travail), au Québec, affirme que « *des nanoparticules inhalées peuvent se retrouver dans le sang en ayant franchi tous les différents organes et s'accumuler sur certains sites spécifiques. Par ailleurs, une substance reconnue comme non toxique, le dioxyde de titane, démontre une importante toxicité pulmonaire lorsqu'elle est de dimension nanométrique* ».

Au-delà des risques sanitaires, les nanotechnologies soulèvent également des questions relatives à la transformation de l'humain, et à la création de la vie. Quant aux considérations éthiques relevant des informations recueillies sur la personne à partir de nanopuces, le CCNE estime indispensable « *une réflexion sur leurs finalités avant de les mettre en pratique* ».

La CFDT souhaite que « *la priorité soit donnée aux mesures de protection nécessaires aux travailleurs en contact avec des nanomatériaux, et au confinement des lieux d'étude et de production* ». Jean-Pierre Bompard, délégué confédéral au développement durable, considère qu'en raison de l'insuffisance des connaissances, « *il faut développer les recherches en toxicologie et établir des normes* ». Et si le principe de précaution doit s'appliquer dans ce champ scientifique et technique, « *il doit être lu de manière offensive, en engageant plus de recherche dans un contexte de compétition mondiale* ». Le syndicalisme international a donc devant lui un vrai champ de coopération.





La CFE-CGC (Confédération Française de l'Encadrement - Confédération Générale des Cadres) est la première force syndicale représentative des cadres et du personnel d'encadrement. Elle est membre de Confédération Européenne des Cadres (CEC) qui est un partenaire social représentatif au niveau européen.

La CFE-CGC, indépendante de tout parti politique, s'adresse aux classes moyennes, tout en gardant sa spécificité qui est d'être la voix des techniciens, agents de maîtrise, forces de vente, cadres, ingénieurs et à ceux qui ont vocation à le devenir – c'est-à-dire, à des salariés dont les fonctions comportent responsabilité, initiative et/ou commandement dans les secteurs privé, para-public et la Fonction Publique.

COORDONNÉES

CFE-CGC
59, rue du Rocher 75008 Paris
Tél. : 01 55 30 12 12
Fax : 01 55 30 13 13
www.cfecgc.org

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Les nanotechnologies : un nouveau saut technologique qui va révolutionner la production de biens et de services.

Les nanotechnologies regroupent l'ensemble des technologies permettant de construire et contrôler des objets à l'échelle du nanomètre soit **1 milliardième de mètre**. Dans wikipédia, il est précisé que « *le nanomètre est utilisé pour mesurer les longueurs d'ondes comprises entre l'infrarouge et l'ultraviolet, et la finesse de gravure d'un Microprocesseur* ». Les premiers secteurs utilisateurs sont ceux de l'électronique et de la médecine, mais l'ensemble des secteurs de production de biens et de services seront concernés demain comme ils le sont aujourd'hui par l'informatique.

Les nanotechnologies seront les emplois de demain

Un marché très concurrentiel, de plusieurs milliards de dollars, est en perspective à l'horizon 2020.

Les applications des produits et services issus des nanotechnologies vont se développer dans presque tous les secteurs. Les plus prometteurs, déjà existants, concernent les nouveaux outils miniaturisés de diagnostic médical, les traitements thérapeutiques ciblés sous la forme de nano vecteurs, les composants électroniques plus performants et plus économes en énergie. D'autres domaines sont ouverts grâce à des nanomatériaux plus solides, plus résistants, plus légers, dotés de propriétés jusque-là inconnues telle que l'auto-réparation...

La maîtrise des nanotechnologies constitue donc un enjeu stratégique pour notre pays, en termes d'emploi, de croissance et d'indépendance technologique. Il s'agit d'un nouveau « saut technologique », comme l'a été celui de l'avènement de la machine à vapeur en son temps ou de l'informatique plus récemment.

Études de marché : enjeux stratégiques

Même si la France se situe bien au niveau international en terme de technologies, elle ne sait pas toujours bien appréhender les potentialités du marché national/européen/mondial, ni fournir à un tissu de PME-PMI innovantes les informations stratégiques et les moyens leur permettant de se développer dans les secteurs les plus porteurs.

Une veille et une prospective performantes doivent être mises en place pour améliorer la pertinence des investissements en matière de recherche comme de production, dans les secteurs et les applications pour lesquels il y a un marché et pas trop de concurrents déjà engagés... Si tous les départements français et leurs équivalents anglais et allemands se mettent à investir dans la construction d'usines de fabrication de panneaux solaires, il est probable que beaucoup auront des déconvenues...

Il est donc souhaitable de renforcer la coopération européenne en matière de recherche et d'identification des marchés porteurs. Compte tenu de la multiplicité des domaines d'application, il est probable que des PME-PMI performantes seront les plus à même à occuper rapidement les créneaux de marchés porteurs et à s'y développer.

Un Small Business Act français ou européen devrait accompagner les PME à tous les stades de leur développement pour les renforcer. Il est regrettable qu'en France, les PME soient stoppées dans leur développement pour des problèmes de trésorerie, ne leur permettant pas de financer leurs en-cours clients lorsque leurs commandes décollent.

Nous estimons que pour faciliter l'innovation, l'Union européenne devrait encourager les Etats à décentraliser les aides aux PME au niveau régional ou local, là où les administrations peuvent constater l'impact de ces aides. Les Etats devraient également réserver une partie des commandes publiques aux PME à l'image de ce qui existe aux Etats-Unis.

Mutualisation des investissements

Nous ne mutualisons pas assez nos moyens publics et privés pour optimiser les investissements en matière de recherche comme en matière de production, afin de mieux valoriser nos savoir-faire et notre ingéniosité.

La France dispose d'un financement public élevé de R&D et un soutien aux infrastructures de recherche. Aux Etats-Unis ou au Japon le financement privé de la recherche double le montant public. Le montant global alloué à la recherche pour les nanotechnologies est de 250 millions d'euros en France, à comparer aux 320 millions d'euros déjà engagés en Allemagne.

Notre système éducatif doit être amélioré ou repensé pour dispenser une formation à la hauteur des enjeux. **L'ingéniosité française doit être valorisée car les applications de demain sont inconnues aujourd'hui.** Il faut absolument revaloriser le rôle et les motivations des femmes et des hommes, acteurs de l'innovation et de la recherche, comme de la production et de la commercialisation, et en particulier celui des ingénieurs et des cadres qui subissent de plus en plus souvent une dévalorisation de leurs fonctions, suite à la taylorisation du tertiaire, et à la prééminence des objectifs financiers à très court terme.

Stimuler l'Innovation

Les nanotechnologies vont permettre une explosion des innovations. Il serait judicieux de repenser notre système de brevetabilité pour en accroître la simplification et l'efficacité et le mettre plus facilement à la disposition du plus grand nombre.

Une meilleure articulation entre recherche publique et privée doit être trouvée. Le soutien à la recherche fondamentale doit être renforcé en définissant des priorités claires. Il faut assurer une réelle coordination des recherches transdisciplinaires intégrant physique, chimie, biologie, médecine, sciences humaines...

L'innovation réussie en terme économique, est souvent le résultat de l'utilisation d'outils, de technologies et de connaissances issues d'un autre secteur. Il faut donc encourager les « trans-disciplinarités » et mettre en place un système gagnant/gagnant impliquant aussi bien le monde universitaire (comme aux Etats-Unis) les centres de recherche (public ou privé), l'état et les entreprises, sans oublier ceux qui sont au cœur de l'innovation, et qui sont très souvent « oubliés » à savoir les hommes et les femmes qui produisent les idées et qui les transforment en réalité. Le brevet n'est plus seulement un outil de protection juridique, il est aussi une arme de protection anticoncurrentielle et une source de profits potentiels très importants.

Limiter les risques

Les nanotechnologies sont porteuses d'espoir, mais comme pour tout, il peut y avoir de mauvais usages et des risques spécifiques nouveaux.

Il est indispensable de généraliser une surveillance systématique de la toxicité et des risques pour la société qui sont pris à l'occasion de la recherche, de la production et de la consommation des nanotechnologies comme cela doit être le cas pour n'importe quel produit ou service.

Depuis que le monde est monde, il y a toujours eu des utilisations néfastes de toutes les innovations. Les progrès de la science ont toujours fait apparaître de nouveaux risques ou des utilisations perverses de celle-ci. Des systèmes spécifiques de prévention, de contrôle ainsi que des règles et un processus de normalisation ont permis de réduire ces risques dans de nombreux domaines qui font partie de notre quotidien d'aujourd'hui. Que ce soit dans l'industrie pharmaceutique, l'agroalimentaire, le nucléaire ou l'informatique pour ne citer que ceux là, tout le monde convient qu'il y a des risques et que des mesures ont été prises pour protéger les citoyens en général et les salariés qui participent à la production de ces produits et services.

Dans toutes les activités, des risques existent lors des **trois étapes du cycle recherche/production/consommation, auquel il convient d'ajouter maintenant les étapes recyclage/destruction** qui étaient « ignorées » auparavant.

Nous savons aujourd'hui que le recyclage et la destruction de nombreux produits présentent des risques, que ce soit un paquebot ou des nanomatériaux. Le principe de précaution reconnu au niveau communautaire et consacré comme principe constitutionnel en droit français, doit s'appliquer de façon effective aux nanotechnologies comme à toutes les autres activités de production de biens et de services.

La surveillance systématique de la toxicité de tous les produits se justifie d'autant plus que la petite taille des nanoproduits ne permet pas d'en déceler visuellement la présence. D'autre part, combiné avec des traitements informatiques, certains usages pourraient s'avérer contraires à l'éthique ou pourraient générer de nouveaux risques psychosociaux.

Des questions se posent également sur l'impact environnemental des processus de production, sur les problèmes de transport, de stockage et de cycle de vie des nanomatériaux. On n'a que peu d'informations aujourd'hui sur leur interaction avec les systèmes vivants, de sorte qu'il est difficile d'évaluer le danger potentiel qu'ils représentent.

Comme pour d'autres innovations, les citoyens les premiers exposés sont souvent les salariés qui travaillent sur la recherche et la production de ces nouveaux produits.

Le renforcement de la surveillance de la santé des salariés est un impératif pour la CFE-CGC et le rôle des CHSCT (Comité d'Hygiène Sécurité et Conditions de Travail) doit être renforcé dans les domaines de la prévention des risques pour la santé physique et psychique des individus, sachant que le Grenelle de l'environnement a fait clairement apparaître le besoin de mieux prendre en compte également les risques pour l'environnement dont la prévention pourrait également être confiés aux CHSCT.

En matière de santé, la priorité est de développer les activités de recherche en toxicité et écotoxicité pour mieux identifier les risques liés à certaines activités ou certains produits.

Ce secteur manque de chercheurs formés. Les financements ne sont pas toujours suffisants, et des recherches fiables statistiquement nécessitent un grand volume d'informations qui ne sont pas systématiquement recueillies aujourd'hui.

Une évaluation du risque permettra de mieux cerner l'exposition des salariés à des dangers avérés pour la santé. Ce problème concerne notamment les salariés qui dans le cadre de leurs activités professionnelles sont en contact avec les nanotechnologies. Mais la plus grande difficulté est de savoir qui produit / utilise des nanotechnologies et quels sont les travailleurs qui sont réellement exposés ?

La déontologie des chercheurs, comme la transparence des résultats et des sources doivent être encouragées, en s'appuyant sur la recherche fondamentale et le partage des connaissances.

La prévention sanitaire en milieu professionnel est essentielle. Dans ce domaine, le rôle de la médecine du travail est incontournable. De plus, en raison de sa formation et sa présence dans l'entreprise, le médecin du travail est le plus apte à appréhender l'évolution de la santé physique et psychique des salariés. Il peut donc contribuer à l'acquisition des informations permettant d'identifier les risques pour la santé physique et les impacts psycho-sociaux liés à l'introduction de nouvelles technologies ou organisations.

Priorité : Protection des salariés

La CFE-CGC a proposé depuis plusieurs années la mise en place systématique d'un « curriculum laboris ». Véritable carnet de santé professionnel, ce document a pour vocation de retracer les expositions aux risques professionnels tout au long de la carrière du salarié.

Un tel système de recueil systématique des expositions individuelles permettra de favoriser la conduite d'études épidémiologiques au plan national. Ce dossier numérique serait géré par un organisme totalement indépendant de l'entreprise et du médecin du travail afin d'éviter toute possibilité de pression sur le salarié.

Les CHSCT ont un rôle primordial à remplir dans la prévention tout comme les organismes tels que l'AFSSET, l'AFSSA, l'INRS ou l'INERIS dont la responsabilité au niveau national est d'explorer les caractéristiques de ces nouveaux produits ou pour l'INVS d'en surveiller les conséquences médicales.

La puissance publique doit utiliser davantage son pouvoir normatif et réglementaire pour favoriser la mise sur le marché de produits moins agressifs pour l'environnement et non toxiques pour la santé humaine. **L'élaboration de normes européennes dans ce domaine serait d'ailleurs particulièrement utile pour à la fois prévenir des risques liés à l'importation de produits qui ne respecteraient aucune norme, mais également pour garantir aux citoyens un minimum de précautions prises avant la mise sur le marché de produits et services intégrant des nanocomposants.** Nous rappelons que les normes, notamment aux États-Unis, servent également de barrière d'entrée à d'éventuels concurrents « extérieurs ».

La méthode employée pour le règlement REACH pourrait encadrer les risques liés aux nanoparticules en introduisant des critères de dangerosité tels que la forte réactivité potentielle due à leur très grand rapport surface sur volume et la diffusion potentielle dans le corps humain.

Enfin, l'appréhension des questions éthiques et des risques psycho-sociaux doivent être intégrés dans les cursus de formation tout comme les méthodes et outils de mise en œuvre du principe de précaution, notamment en matière environnementale.

Il faut favoriser la création dans les laboratoires, dans les entreprises, les collectivités locales et avec les pouvoirs publics et le monde universitaire de lieux de débats éthiques, où chercheurs, ingénieurs et techniciens pourraient débattre et exprimer leurs questionnements.



La CFTC est un syndicat de construction sociale favorisant la négociation à l'opposition constante. Rassemblant l'ensemble des salariés, la CFTC revendique des valeurs humanistes et prône une économie au service de l'homme, la justice sociale. Elle fait aussi de la préservation de la santé et de la sécurité des travailleurs un enjeu central d'une société respectueuse de la dignité humaine.

COORDONNÉES

Confédération Française
des Travailleurs Chrétiens
13, rue des Écluses-St-Martin
75483 Paris Cedex 10

Tél. : (33) (0)1 44 52 49 00
Fax : (33) (0)1 44 52 49 18
www.cftc.fr

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

Nanotechnologies :

Un formidable espoir, de grandes inquiétudes

Privilégier le principe de précaution et favoriser le développement de la prévention

Les nanotechnologies sont porteuses d'un potentiel considérable de développement pour nos sociétés dans des domaines très diversifiés – matériaux, énergie, environnement, santé, communications – ainsi que forts enjeux économiques et sociaux. Cependant, des travaux scientifiques tempèrent cet enthousiasme en soulignant des dangers nouveaux et inhabituels, tant pour la santé que pour l'environnement, liés aux nanomatériaux et aux bio et nanotechnologies.

En accord avec la résolution adoptée par la Confédération Européenne des Syndicats en juin 2008, et afin de permettre le développement des nanotechnologies dans des conditions acceptables, la CFTC prône l'application du **principe de précaution** afin d'éviter les erreurs commises par le passé.

Les travailleurs sont les premiers à être exposés tout au long du cycle de vie des nanomatériaux (recherche, production, élimination des déchets) et ceux-ci peuvent présenter des risques à la fois spécifiques et nouveaux. Pour la CFTC, l'exposition professionnelle aux nanomatériaux implique une approche et un suivi spécifiques tenant compte de risques chimiques et physiques inédits.

De nombreux domaines voient leurs perspectives évoluer avec le développement des nanosciences. C'est le cas notamment des **biotechnologies** dont les risques sont, eux aussi, mal connus.

La CFTC exige donc que les réglementations existantes soient adaptées aux spécificités des nanotechnologies.

Qualifiées de «moteur de la prochaine révolution industrielle», les nanotechnologies présentent un potentiel immense de développement et d'application.

Les budgets publics consacrés aux nanotechnologies ne cessent d'augmenter d'année en année. L'Union européenne a ainsi décidé d'allouer 3,5 milliards d'euros à la recherche sur les nanotechnologies sur la période 2007-2013.

Les estimations envisagent un marché mondial des nanotechnologies d'une valeur de 1.000 milliards de dollars d'ici à 2015.

En termes d'emploi, le développement des nanotechnologies pourrait nécessiter le recrutement de 2 à 10 millions de travailleurs dans le monde d'ici à 2014. Une partie importante de ces emplois serait située en Europe, principalement dans les «start-up» et les PME.

Les travailleurs sont les premiers à être exposés aux nanomatériaux. La CFTC demande un haut niveau de protection pour les salariés. La santé au travail est une des priorités de son action.

Pour la CFTC, le problème majeur est le risque que des nanomatériaux soient rejetés ou disséminés dans la nature (en matière de déchets notamment) alors que les pouvoirs publics ne maîtrisent pas parfaitement les conséquences éventuelles sur notre environnement et notre santé et qu'ils ne disposent pas des moyens efficaces pour les détecter et les mesurer. Il est impératif d'apporter rapidement des réponses à ces carences en agissant tout à la fois dans trois directions complémentaires : investir dans la recherche, adapter la réglementation, assurer la prévention effective des risques pour les salariés.

Des centaines de produits de grande consommation contenant des nanomatériaux manufacturés, ou qui ont été fabriqués à l'aide d'un procédé faisant intervenir des nanomatériaux, sont déjà disponibles sur le marché (dans le secteur des cosmétiques et du textile notamment).

Ces technologies émergentes et transdisciplinaires permettent la conception, la manipulation et la fabrication de structures ou d'objets dont les propriétés physico-chimiques et les comportements sont inédits.

Le développement des nanotechnologies et des nanomatériaux manufacturés est accompagné d'incertitudes importantes, que ce soit sur leurs effets sur la santé humaine et l'environnement.

Au même titre que les biotechnologies, les nanomatériaux et leurs produits dérivés posent à notre société des défis importants en termes d'encadrement juridique mais aussi éthique. Ainsi, les applications pour l'humain et la santé, le développement de capteurs miniaturisés sophistiqués (autonomes en énergie et communiquant) posent des **questions sur l'intégrité de la personne humaine et de son droit à la vie privée.**

Développer la recherche

En matière de recherche et développement de nanotechnologies, on constate un net déséquilibre entre les budgets alloués à la mise au point d'applications commerciales d'une part, et ceux consacrés à la recherche des impacts potentiels sur la santé humaine et l'environnement d'autre part.

Pour la CFTC, cet écart constitue un frein au développement responsable des nanotechnologies.

La CFTC propose que tous les budgets de recherche portant sur les nanotechnologies incluent obligatoirement les aspects santé et sécurité et que la recherche publique affecte une part significative de ses budgets dans ce domaine.

Adapter la réglementation aux nanotechnologies

Les données actuelles ne permettent pas d'établir avec suffisamment de certitude l'innocuité des nanomatériaux pour la santé humaine et l'environnement. **Les mesures de préservation de la santé ne doivent pas faire les frais de considération économique.**

La CFTC invite les pouvoirs publics à prévoir le refus de l'autorisation de mise sur le marché des produits lorsque les données sont insuffisantes pour en établir l'innocuité en application du principe du règlement européen REACH «pas de données, pas de marché».

L'application de ce principe doit inciter les industriels à combler les lacunes des connaissances scientifiques en matière de sécurité des nanomatériaux manufacturés, notamment sur la persistance des nanoparticules chez l'être humain et dans l'environnement.

Pour la CFTC, il est indispensable de contraindre les industriels à rendre public les informations dont ils disposent sur les dangers et les risques associés à leurs produits. Ils doivent s'engager à reconnaître leur responsabilité en cas de dommages prouvés de leurs produits.

Des adaptations du règlement REACH sont également indispensables afin de couvrir correctement et largement l'ensemble des nanomatériaux susceptibles d'être manufacturés.

La possibilité de ne pas produire un rapport sur la sécurité chimique au delà d'un certain volume de production (soit 10 tonnes/an) est une faille susceptible de permettre à de nombreux nanomatériaux d'échapper à une évaluation des risques préalable à leur commercialisation.

La CFTC demande l'utilisation de seuils et/ou des unités spécifiques adaptés aux particularités des nanomatériaux.

En outre, certains nanomatériaux chimiquement « inertes » constituent du fait, notamment de leur caractère non soluble et biopersistant, un risque pour la santé humaine et l'environnement. Il est donc indispensable d'adapter le règlement REACH à cette donnée.

Pendant la période d'utilisation, la nature du risque lié aux nanomatériaux dépend fortement de sa dispersibilité. Ainsi, le risque lié à des nanoparticules englobées dans une matrice solide peut paraître plus faible, à condition qu'elle reste stable pendant la durée de vie et qu'un processus adapté de récupération soit prévu en fin de vie.

La CFTC souhaite, dès la mise sur le marché des produits, l'élaboration d'un processus adapté à leur fin de vie.

Il serait également opportun de réfléchir aux voies et moyens nécessaires à la création d'une industrie spécifique et adaptée au recyclage et à la destruction des nanomatériaux.

Enfin, l'agence européenne des substances chimiques devrait refuser l'enregistrement des substances pour lesquelles les fabricants ne fournissent pas les données nécessaires pour assurer une fabrication, une mise sur le marché et une utilisation de leurs formes nanométriques qui soient sans effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement et ce durant l'entièreté de leur cycle de vie.

Répertoire l'ensemble des industriels et des produits

Dans le cadre d'une approche basée sur le principe de précaution, il est incontournable pour les pouvoirs publics de connaître avec précision les fabricants,

importateurs et utilisateurs industriels de nanomatériaux ainsi que les produits contenant des nanomatériaux.

La CFTC propose que soit établi un inventaire national et international et de le rendre public.

Des travailleurs et des consommateurs sont exposés à des produits renfermant des nanomatériaux (produits cosmétiques, vêtements, produits de nettoyages, agroalimentaires...) en toute ignorance et sans aucune information sur les risques potentiels.

La CFTC souhaite que soit mis au point un étiquetage obligatoire et normalisé des produits contenant des nanomatériaux manufacturés et susceptibles d'être rejetés dans les conditions normales et prévisibles d'utilisation ou de mise en décharge.

Assurer la santé et la sécurité des travailleurs

En cas de fabrication de nanomatériaux dont les effets potentiels sur la santé et l'environnement sont mal connus, une approche reposant sur le principe de précaution doit être mise en place et rendue transparente pour les travailleurs.

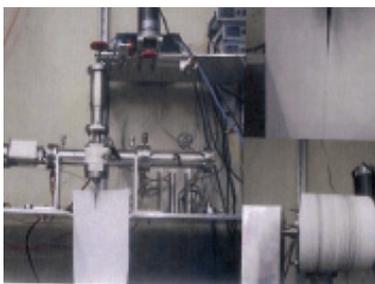
Dans l'attente des modifications nécessaires du cadre législatif actuel des initiatives volontaires de l'industrie et les codes de conduite responsable peuvent avoir une certaine utilité. Cependant, de telles initiatives doivent associer les travailleurs dans leur élaboration et leur suivi, inclure un système transparent et indépendant d'évaluation et prévoir des sanctions en cas de non respect des engagements pris.

La CFTC défend l'organisation d'un système de traçabilité des nanomatériaux à tous les stades de leur cycle de vie, y compris après de leur inclusion dans une préparation ou un produit.

La CFTC, demande :

- L'application du principe de précaution : pas de données, pas de marché,
- La mise en place d'une démarche de prévention dès la conception de nouveaux matériaux et produits,
- La protection des travailleurs et de l'environnement par une analyse complète du cycle de vie en amont de toute production,
- L'étiquetage des nanoproduits avec les informations disponibles
- Une réglementation spécifique adaptée (nanoreach)
- La formation et l'information des travailleurs et du public
- L'implication des travailleurs dans les décisions publiques.

Le développement des nanosciences ne peut s'affranchir du développement des connaissances en toxicologie des nanomatériaux en interaction avec leur environnement et dans leurs applications en vue de la protection des travailleurs, du public et de l'environnement.



*nanoparticules (~20 nm)
de dioxyde de titane*

La traçabilité des nanomatériaux doit faciliter le suivi d'éventuelles contaminations humaines et environnementales ainsi que l'identification des responsables en cas d'effets néfastes.

Les travailleurs sont exposés à ces nouveaux matériaux tout au long de la chaîne de production, en particulier ceux engagés dans la recherche, la mise au point, la fabrication, l'emballage, la manutention, le transport, l'utilisation et l'élimination des nanomatériaux et des produits dérivés des nanotechnologies. Ces salariés sont aussi ceux qui risquent le plus d'en subir les effets nuisibles.

Cependant, on ne sait toujours pas si les protocoles de sécurité utilisés sont adéquats ou si les mesures de protection appliquées sont valables.

Il existe un besoin énorme de formation, d'éducation et de recherche pour permettre aux spécialistes de la santé et de la sécurité de développer les outils de prévention liés aux expositions professionnelles aux nanomatériaux.

Le respect des principes généraux de prévention des risques professionnels

impliquent la connaissance par les travailleurs et leurs représentants de la nature des produits présents sur leurs lieux de travail.

La CFTC préconise la modification des fiches de données de sécurité pour permettre clairement le signalement de la présence de nanomatériaux, et préciser, le cas échéant, que les données toxicologiques ou écotoxicologiques sont manquantes ou lacunaires.

Il appartient aux employeurs, en vertu de l'obligation de sécurité de résultat, de mettre en place des mesures de réduction des risques, non seulement lorsque des substances reconnues dangereuses sont présentes sur le lieu de travail, mais aussi lorsque les dangers des substances utilisées sont encore inconnus.

La CFTC défend l'association systématique des travailleurs et de leurs représentants à l'évaluation des risques et à l'élaboration des mesures de prévention adaptées.

SYNTHÈSE

Pour la CFTC, si les nanotechnologies sont porteuses de promesses considérables, il n'est plus acceptable socialement que soient disséminés, sans contrôle, des produits dont les effets potentiels représentent un danger avéré pour la santé ou l'environnement.

L'Union européenne a montré la voie à suivre en se dotant d'une législation sur les produits chimiques qui transfère

la charge de la preuve sur les fabricants. Au-delà, cette vaste question implique également un fort investissement des pouvoirs publics dans les études de santé. Pour la CFTC, accepter que des produits soient commercialisés sans connaître leurs effets potentiels sur la santé humaine et l'environnement constituerait un recul politique incontestable.

Le débat national qui s'engage aujourd'hui est une étape importante. Il doit permettre à la société française de s'emparer de la problématique des nanotechnologies. Dans un second temps, les pouvoirs publics devront impérativement adopter les mesures qui s'imposent, notamment en matière de préservation de la santé et la sécurité des travailleurs.

Annexe 3

Détail de l'analyse sémantique réalisée

(24 pages)

Détail des analyses réalisées

FEBEA

[Nano DC Bonne santé] «En complément avec d'autres filtres [...], le TiO₂ est incontournable et permet d'obtenir des indices de protections solaires UVB et UVA très élevés, bien équilibrés, qui jouent un rôle essentiel dans la prévention des cancers cutanés.» FEBEA

[Utilisation ancienne PT Bonne Santé] «Il est utilisé dans les produits de protection solaire sous la forme de nano dioxyde de titane depuis bientôt 20 ans.» FEBEA

[Nano DC nég Risques] «Les nanoformulations liquides n'exposent pas à ces risques. Les nanoémulsions et les liposomes sont des systèmes qui se désagrègent au contact de la peau et qui ne posent pas de problème de sécurité lors de leur utilisation en cosmétique» FEBEA

[Neg risque DC Neg réglementation nouvelle] «Les méthodes conventionnelles d'évaluation du risque sont suffisantes, car le caractère nano de ces éléments ne nécessite pas d'évaluation particulière.» FEBEA

[Recherche indépendante PT Nég risques]«Une vingtaine d'études de la pénétration percutanée du TiO₂ sous forme nanométrique dont celles menées dans le cadre du programme européen de recherche NANODERM, ont montré que le nano TiO₂ ne pénètre pas dans les couches vivantes de la peau. Ces études ont été conduites [...] par des acteurs aussi différents que des industriels, des équipes de recherche académiques et des agences gouvernementales. » FEBEA

MEDEF

[Nano DC Plus-value] « Le développement des nanotechnologies est porteur de nombreux progrès dans de multiples domaines touchant notre santé (prévenir, diagnostiquer et traiter certaines maladies), notre vie quotidienne et la protection de l'environnement (réduction des émissions polluantes)».MEDEF

[Nano DC Compétitivité économique] et «Cette dynamique concerne surtout les Etats-Unis, l'Asie ainsi que l'Europe au sein de laquelle la France joue un rôle leader [...]. La France veille naturellement à intensifier ses efforts dans le cadre d'un réseau international de pôle de recherche. Enjeu capital pour la compétitivité économique de la France, les nanotechnologies connaissent un développement très rapide [...]. MEDEF

[Utilisation ancienne PT bonne santé] «Les impacts sanitaires et environnementaux de plusieurs matériaux nanostructurés (d'une dimension supérieure à 100 nano- mètres) mis sur le marché depuis très longtemps à des tonnages très significatifs (silice précipitée, dioxyde de titane, argile...) ont fait l'objet d'évaluations précises. Le recul dont nous disposons par rapport à leurs utilisations, montre à ce jour l'absence d'effets observables alors que leur bénéfice pour la protection de la santé du consommateur ou de l'environnement apparaît incontestable.» MEDEF

[Risque DC Besoin de réglementation] «Les entreprises qui veulent innover en utilisant les nanotechnologies doivent prendre les mesures de prévention et de précaution qui intègrent le niveau d'incertitude des connaissances.» MEDEF

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « Pour répondre au déficit ou aux insuffisances de connaissances scientifiques et techniques, il est nécessaire d'approfondir les recherches, en particulier sur les méthodes d'essai et d'évaluation des risques et les techniques analytiques de mesure, l'acquisition de données sur les effets (éco)toxicologiques et sur les utilisations et expositions, la caractérisation des « nanos », la mise au point de normes et d'une classification cohérentes». MEDEF

[Expertise indépendante DC Expertise de qualité] «Comme pour toute expertise scientifique, l'Etat doit veiller à garantir leur qualité ; ceci est particulièrement vrai pour les domaines où les connaissances sont extrêmement évolutives. L'expertise doit être plurielle, transparente et collectivement indépendante». MEDEF

[Mauvaise gouvernance DC neg compétitivité économique] «Le MEDEF estime que la gouvernance de la recherche doit être améliorée pour que la France conserve une place de choix dans la recherche et le développement des nanotechnologies [...] MEDEF

[Etat PT Discours déséquilibré] «L'Etat doit, par le biais des Agences compétentes, mettre à disposition du public des informations scientifiquement validées et mises à jour régulièrement. Il doit également veiller à équilibrer son discours en abordant systématiquement les bénéfices apportés par les nanotechnologies en regard des risques». MEDEF

[Risque DC information du public] «Dès lors qu'une application concernant le public peut conduire à une exposition à des nano-objets, il est légitime que le consommateur reçoive une information appropriée». MEDEF

[risque DC Etiquetage] «Le MEDEF est favorable à un recensement précis des filières de production, d'utilisation, et d'élimination des nano-particules, de leur potentiel de développement. Il faut également identifier les flux de nanoparticules manufacturées, et les formes sous lesquelles elles sont conditionnées, transportées et mises en œuvre ». MEDEF

AFSSA

[Neg savoirs établis DC Précaution] «Devant l'impossibilité d'identifier précisément la réalité du marché et au vu du manque important de connaissances scientifiques sur la toxicité de ce type de substances, l'Afssa recommande la prudence à l'égard de l'utilisation des nanotechnologies dans l'alimentation». AFSSA

[Nano DC Plus-value] «Des propriétés intéressantes» AFSSA

[Etiquetage PT Neg savoirs établis] «La faiblesse des techniques de détection et de caractérisation, le manque de données toxicologiques par voie orale, les impacts possibles sur

l'absorption, ainsi que les possibles évolutions réglementaires et les interrogations qui leurs sont liées sont autant d'éléments conduisant à un positionnement prudent des industries agroalimentaires vis-à-vis de formulations de denrées intégrant les nanotechnologies». AFSSA

[Neg Savoirs établis DC neg Evaluation des risques] «L'AFSSA estime [...] que la prudence s'impose à l'égard de leur utilisation en alimentation humaine et animale.». AFSSA

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] «Le développement de travaux de recherche doit être soutenu» AFSSA

[Neg Savoirs établis DC Réglementation] «L'AFSSA estime que l'évolution du dispositif réglementaire devrait exiger une déclaration systématique de ces substances ou produits dans l'alimentation et conduire à des autorisations de mise sur le marché. AFSSA

CENG

[Nano DC neg protection de l'environnement] et **[Nano DC Risque]** « Les enjeux sont nombreux et touchent de nombreux domaines : [...] Enjeux environnementaux : prise en compte des risques pour la santé des populations, au travail et pour l'environnement. » CENG

[Débat PT Neg information du public] «Pourtant, le Président du Conseil général de l'Isère avait envisagé, en 2005, d'organiser des conférences-débat pour mieux informer la population, estimant légitime les inquiétudes des citoyens face aux applications des nanotechnologies. Ce fut sans suite.» CENG

[Débat PT Neg Démocratie participative] Quelques procédures, à peine entamées et vite abandonnées: [...] un processus auquel les collectivités territoriales n'ont accordé qu'un intérêt mineur, resté sans suite et tombé dans l'oubli.» CENG

[Etat PT Discours déséquilibré] «Les réponses de l'Etat concernant la prévention et le contrôle en matière de nanobiotechnologies révèlent des carences graves, significatives d'une démission de ses compétences en cette matière, l'Etat renvoyant les responsabilités sur d'autres» CENG

[Risque DC Besoin d'une démocratie participative] «Il faut prendre le temps du débat démocratique, inventer de nouvelles formes de participation citoyenne qui pèsent effectivement sur les décisions». CENG

[Risques PT neg démocratie participative] «La majorité des décisions en matière de nanotechnologies sont prises sans que les enjeux ne fassent l'objet de débat public ou sans que soient prises en compte les premières préconisations des initiatives citoyennes» CENG

INRS

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] «Les besoins de recherche sont immenses et l'INRS, comme de nombreux autres instituts de recherche, se mobilise pour développer les connaissances » INRS

[Nano DC Risque] « L'INRS, comme de nombreux autres instituts de recherche, se mobilise pour développer les connaissances sur la toxicité des nanoparticules et concevoir des méthodes fiables pour évaluer l'exposition. » INRS

[Neg Savoirs établis DC Précaution] «Dans le cadre de la prévention des risques professionnels, compte tenu des nombreuses incertitudes, il est recommandé d'adopter une forme de précaution et d'instaurer des procédures spécifiques de prévention» INRS

[Risque DC Besoin de réglementation] «Les nanoparticules et les nanomatériaux sont des produits chimiques préoccupants pour la santé et la sécurité au travail. Les règles de prévention du risque chimique définies par le code du Travail s'appliquent donc aux activités impliquant ces produits. La démarche de prévention exige entre autres de limiter l'exposition des salariés (confinement, zones de travail spécifique, protection collective et individuelle, formation) et d'en assurer la traçabilité» INRS

[Neg Savoirs établis DC neg Evaluation des risques] « Compte tenu des nombreuses inconnues liées aux nanoparticules et nanomatériaux [...] une évaluation quantitative des risques s'avère difficile à mettre en œuvre dans la majorité des situations. » INRS

INRIA

[Nano DC Bonne santé] « Les travaux en cours, nécessairement pluridisciplinaires, permettent d'envisager de nouveaux outils thérapeutiques : médicaments intelligents et traitements nanolocalisés (molécules vecteurs identifiant des cellules malades) ; nanoimplants et nanostimulation neuronale ». INRIA

[Nano DC Risque] et inc[Nano DC Précaution] « La densification de l'information, la multiplication de nano-objets communicants requièrent une vigilance accrue : vigilance scientifique dans le recueil, la transmission, le contrôle de la qualité et le traitement de ces données ; vigilance éthique dans l'utilisation de ces données (biologiques, médicales, sociétales) » INRIA

[Risque DC information du public] « Il revient aux chercheurs en sciences numériques d'assurer la plus grande exigence scientifique sur les questions transdisciplinaires liées aux nanotechnologies et d'informer sur la teneur de leurs résultats. » INRIA

IRESP

[Nano DC Nég Bonne santé] « Les nano-objets intentionnellement manufacturés posent des questions de santé publique tout à fait nouvelles » IReSP

[Nano DC Risque] et [Risque DC information du public] et [Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche]« la production et l'utilisation de nano-objets, qui sont susceptibles de développements éventuellement très importants, rassemblent toutes les caractéristiques de « technologies potentiellement porteuses de risques (TPPR) », selon l'expression du « Grenelle des ondes ». Ils doivent, à ce titre au moins, faire l'objet d'investigations scientifiques appropriées et transparentes, dont les résultats doivent être portés dans le débat public. IReSP

[Risque DC Besoin de réglementation] « un protocole de surveillance épidémiologique des personnes exposées professionnellement doit être proposé en France ». IReSP

[Neg Savoirs établis DC Réglementation] « Les nombreuses lacunes dans les connaissances scientifiques actuelles ont conduit à proposer un dispositif de surveillance » IReSP

LEEM

[Nano DC Bonne santé] « L'étude des Entreprises du Médicament "Nanotechnologies appliquées à la médecine" montre que ces technologies permettent d'innover dans le champ du diagnostic, du traitement et du suivi thérapeutique des patients » et « Les nanotechnologies permettront d'améliorer les chimiothérapies existantes contre le cancer ». LEEM

[Réglementation DC Nég risques] « Le cadre réglementaire de développement des produits de santé s'applique aux nanoproduits de santé et son objectif est de qualifier le rapport bénéfices/risques ainsi que les aspects de qualité et de fabrication [...] A ce titre, les nanoproduits médicaux présents aujourd'hui sur le marché ont tous été approuvés par les autorités de santé. » LEEM

[Nano DC Compétitivité économique] « Au vu de la croissance attendue du marché des nanoproduits de santé qui pourraient représenter 17 % du marché des nanotechnologies en 2015 (contre 2 % en 2007), la France doit faire des nanotechnologies appliquées à la médecine un facteur d'attractivité de son territoire. » LEEM

CNISF

[Nano DC Compétitivité économique] « Les nanotechnologies sont une opportunité pour l'économie française. » CNISF

[Nano DC Plus-value] et [Nano DC Risque] « Les bénéfices attendus des nanotechnologies doivent être présentés, mais il ne faut pas occulter les risques possibles, notamment l'impact sur l'homme et son environnement. » CNISF

[Risque DC information du public] « Les Ingénieurs et Scientifiques de France proposent[...] d'assurer la plus grande transparence, pour répondre aux interrogations des citoyens » CNISF

[Neg Savoirs établis DC Réglementation] « Compte tenu des incertitudes quant aux risques éventuels [...], les Ingénieurs et Scientifiques de France proposent [...] d'encadrer, au cas par cas, le développement et les applications des nanotechnologies. » CNISF

EPE

[Réglementation DC Nég risques] « Le Code Civil assure une responsabilité des industriels quant aux produits qu'ils mettent à disposition sur le marché : ceux contenant des nanoparticules sont sujets à cette même responsabilité, qui a été renforcée notamment par la transposition de la

directive européenne sur la responsabilité environnementale et la mise en application du règlement Reach. » EPE

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « Les entreprises membres d'EPE sont conscientes de la nécessité d'acquérir une meilleure connaissance des risques que pourrait faire courir au plan sanitaire et environnemental le développement des nanotechnologies. » EPE

[Nano DC Plus-value] « Ces nouvelles technologies potentiellement porteuses de réels bénéfices pour la société. » EPE

[Réglementation donc Nég compétitivité économique] « Les entreprises considèrent cependant qu'il convient de veiller à ce que ces travaux de recherche sur la sécurité puissent se concilier avec l'innovation, indispensable dans ce domaine, notamment au regard de ce qui pourrait se faire dans d'autres régions du monde. » EPE

AFNOR

[Nano DC Compétitivité économique] « L'enjeu économique et sociétal des nanotechnologies est aujourd'hui majeur. Tous les grands secteurs industriels vont bénéficier des avancées apportées par leur développement. » AFNOR

[Nano DC Plus-value] « Tous les jours de nouvelles applications des nanotechnologies sont trouvées dans des domaines variés [...] afin de créer de nouveaux systèmes plus rapides, plus légers, plus résistants, plus efficaces. » AFNOR

[Nano DC Risque] « Il convient cependant de prendre en compte dès maintenant les risques qui peuvent être liés à la manipulation de la matière à l'échelle du nanomètre. » AFNOR

[Risque DC Besoin de réglementation] « La normalisation est un puissant moyen et ceci à l'échelle internationale, de faire bénéficier des bienfaits des nanotechnologies tout en se prémunissant d'éventuels effets négatifs. » AFNOR

CLCV

[Nano DC Plus-value] « Face à cette incertitude fondamentale, seul le rejet systématique de toute innovation technologique garantirait l'absence de nouveau risque, ce qui reviendrait en retour à priver la collectivité de tout bénéfice et perspective de progrès. » CLCV

[Risque DC Expertise indépendante] « Pour la CLCV, le développement des « nanos » doit être accompagné d'un dispositif d'évaluation scientifique et éthique indépendant. Nous considérons que la question de la sécurité pour les consommateurs de ces technologies devrait figurer parmi les priorités de la recherche publique. » CLCV

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « La CLCV constate que l'ensemble de ces travaux soulignent l'insuffisance des données aujourd'hui disponibles pour l'évaluation des

effets toxicologiques des nanoparticules et nanomatériaux. » et « La CLCV demande que d'importants efforts de recherche soient rapidement mis en œuvre sur la toxicité des nanoparticules. » CLCV

[Risque DC information du public] « S'agissant de risques et de bénéfices qui les concernent, les citoyens ont le droit de savoir et de comprendre. Pour cela, un important travail de vulgarisation de l'expertise devrait être mené sous des formes multiples. » CLCV

[Risque DC Besoin de réglementation] « la CLCV demande un certain nombre d'adaptations importantes pour réellement prendre en compte les spécificités des nanotechnologies. » CLCV

[Risque DC Etiquetage] « Nous estimons que la mise en place immédiate d'un système d'identification et de traçabilité des différentes nano-particules s'impose. Un répertoire des utilisations des nanomatériaux accessible à tous devrait systématiquement être renseigné par les professionnels concernés. » CLCV

FNE

[Nano DC Risque] et [Risque DC Moratoire] « Les nanotechnologies sont une illustration des TEPPR (Technologies émergentes potentiellement porteuses de risque) et justifient l'urgence d'un moratoire partiel sur les nano-objets à usage non médical et en contact, dans leur usage normal, grand public, avec le corps humain : produits alimentaires, emballages alimentaires, cosmétiques, produits bronzants, vêtements... ». FNE

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « Les objectifs de FNE sont clairs [...] : Produire des connaissances scientifiques pour mieux cerner dangers et risques et les rendre publiques. » FNE

[Risque DC Etiquetage] « FNE demande qu'à partir de 2010 tout produit contenant des nanoparticules et commercialisé dans un circuit grand public ou professionnel (y compris sous traitance) soit soumis à un étiquetage adapté. » FNE

[Risque DC information du public] « FNE [...] attend des pouvoirs publics (décideurs politiques et administratifs de l'Etat français) qu'ils fassent en sorte de favoriser l'amélioration des connaissances ainsi qu'une information sincère du grand public. FNE

[Risque DC Besoin de réglementation] « FNE [...] attend des pouvoirs publics (décideurs politiques et administratifs de l'Etat français) qu'ils élaborent une réglementation efficace, qu'ils mettent en place des moyens de vigilance et de surveillance. » FNE

APPA

[Nano DC Risque] « Les nanoparticules, déjà élaborées, ne sont sans doute pas sans risques sanitaires » et « les découvertes scientifiques, obéissant à des logiques économiques, peuvent présenter des effets pervers non maîtrisés. » APPA

[Risque DC information du public] « Il convient alors de diffuser des définitions claires de manière à poser le débat avec netteté et clarté de manière à ce que tous les citoyens se sentent interpellés et puissent se saisir du débat. » APPA

[Nano DC Besoin d'une meilleure gouvernance] « Les principales conclusions de ce débat font apparaître la nécessité de l'émergence d'une « gouvernance » sur le sujet » APPA

[Débat PT Neg Démocratie participative] « Néanmoins, les questions éthiques et sociétales, qui ont été conventionnellement mais aussi artificiellement écartées de cet exercice, restent primordiales. » APPA

FMSD

[Risque DC Besoin de réglementation] « Proposition 4 : Lancement d'une directive européenne de réglementation Nanos » FMSD

[Nano DC Risque] et [Risque DC Moratoire] « une réponse consiste à appeler à un moratoire sur l'expérimentation hors laboratoires protégés » et « Nous appelons aussi à un moratoire de l'autorisation de mise sur le marché de produits contenant des nanomatériaux » FMSD

[Risque DC Expertise indépendante] « La tradition d'expertise technocratique prouve que la création d'un pôle d'expertise public est insuffisante : en ce domaine, la transparence, l'ouverture et le pluralisme des comités d'experts doivent s'imposer, dont certains se doivent d'être indépendants de l'Etat et du marché. » FMSD

[Risques PT neg démocratie participative] « proposition 22 : Loi constitutionnelle instituant les Conventions de citoyens au moins tous les cinq ans pour l'aide à la décision publique en matières technoscientifiques » et « Il restera à repenser l'articulation de ces conférences et forums avec les instances de délibération et de décision, pour éviter les simulacres démocratiques où les décisions sont prises en coulisses. » FMSD

CNIL

[Nano DC Plus-value] « Les nanotechnologies entraîneront une révolution d'une ampleur comparable sinon supérieure au développement d'Internet. » CNIL

[Risque DC Besoin de réglementation] « Il faut dès à présent s'interroger sur la régulation à envisager et sur une éventuelle évolution du cadre législatif (lois de bioéthique, loi informatique et libertés...). Faut-il interdire certains usages des nanotechnologies ? » CNIL

[Nano DC Précaution] « Enfin, il convient d'identifier les règles de protection des personnes à promouvoir. Principes d'innocuité, de proportionnalité, de sécurité, d'information et de maîtrise des personnes sur leurs données : autant de garanties qu'il convient d'intégrer en amont, dès la conception des systèmes et des applications des nanotechnologies et selon des modalités à définir. » CNIL

SEPANSO

[Utilisation ancienne DC neg démocratie participative] « Un fait accompli inacceptable : les nanotechnologies déjà entrées en application » SEPANSO

[Neg savoirs établis PT Utilisation ancienne] « On peut dire aujourd'hui que les connaissances scientifiques sur les nanoparticules en matière de risques professionnels sont insuffisantes et ne nous permettent pas de prévoir l'impact de ces expositions à long terme tant sur le plan individuel que collectif. » SEPANSO

[Nano DC Précaution] « Le « principe de précaution » n'est pas appliqué. Cela aussi est inacceptable. » SEPANSO

[Nano DC Nég Bonne santé] « de multiples arguments indiquent l'existence d'une réactivité biologique particulière des nanoparticules en rapport avec leur très petite taille, comparée à celle qui est observée avec des particules de même composition mais de plus grande taille (de l'ordre du micromètre ou plus). Cette réactivité cellulaire et tissulaire peut constituer un danger chez l'homme si celui-ci est exposé par inhalation, ingestion ou passage transcutané, à ces particules. » SEPANSO

[Débat PT Neg Démocratie participative] « Nous rejoignons de ce fait les conclusions du Collectif « Pièces & Main d'œuvre », qui considère que la procédure du Débat Public est de fait un outil qui vise, au prétexte d'une « démocratie technique », à imposer l'acceptabilité des solutions technologiques que le public, le plus souvent, refuse. » SEPANSO

[Risque DC information du public] « Le principe d'un Débat Public sur les sujets nouveaux et controversés est positif. Nos associations n'ont pas critiqué à sa naissance la Loi Barnier qui instituait la Commission Nationale du Débat Public, admettant certains aspects positifs de ce nouvel outil. » SEPANSO

[Risque DC Moratoire] « La SEPANSO a préféré apporter les raisons de son opposition au développement des nanotechnologies parce qu'aucune exigence de base pour un saut technique de cette ampleur n'est respectée. » SEPANSO

CESR Bretagne

[Risque DC Besoin d'une démocratie participative] « Le CESR de Bretagne insiste sur la nécessité d'un véritable débat démocratique » CESR Bretagne

[Nano DC Précaution] et [Nano DC Risque] « Le CESR considère que, compte tenu des résultats de certaines recherches montrant qu'il existe des dangers potentiels, notamment en termes de santé humaine, les précautions devraient être très grandes en ce qui concerne le développement des applications. » CESR Bretagne

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « il insiste sur la nécessité de renforcer nettement l'effort de la recherche dans le domaine des risques. » CESR Bretagne

[Risque DC Expertise indépendante] « Il suggère que les mises sur le marché de nouveaux « nanoproduits » manufacturés ne puissent se faire qu'après des études indépendantes concernant les risques potentiels de ces produits pour l'Homme et pour l'environnement, et qu'avec un affichage et un étiquetage des produits. » CESR Bretagne

[Risque DC Etiquetage] « Il suggère que les mises sur le marché de nouveaux « nanoproduits » manufacturés ne puissent se faire [...] qu'avec un affichage et un étiquetage des produits. CESR Bretagne

[Risque DC information du public] « imposer un devoir d'information des consommateurs. » CESR Bretagne

[Risque DC Moratoire] « envisager que des nanoproduits puissent être interdits de commercialisation.» CESR Bretagne

AFSSET

[Nano DC Risque] « La recherche et le développement de nanomatériaux s'intensifient, les applications sortent de plus en plus des laboratoires pour rejoindre les chaînes de fabrication de l'industrie. La question des risques sanitaires pour les personnels devient dès lors une priorité. » AFSSET

[Risque DC Besoin de réglementation] « L'Afsset, en accord avec les conclusions des experts, a recommandé de renforcer les mesures de prévention, ce que certains industriels ont commencé à appliquer. » AFSSET

[Risque DC Etiquetage] « L'établissement concerné devra assurer la traçabilité et l'archivage des informations concernant l'exposition résiduelle et les conditions de travail des salariés, vis-à-vis du risque « nano-objets ». « AFSSET

[Neg savoirs établis DC Précaution] « Face aux incertitudes actuelles sur les risques associés à l'exposition des professionnels aux nanomatériaux, l'Afsset préconise l'adoption d'un système de prévention des risques. » AFSSET

[Risque DC information du public] « Enfin, parce que les nanomatériaux, et plus généralement les nanotechnologies, suscitent un certain nombre d'interrogations et d'inquiétudes dans l'opinion, l'Afsset s'investit dans la veille du débat public et publie systématiquement les résultats de ses expertises » AFSSET

FIDEA

[Nano DC Plus-value] « Les nanomatériaux de synthèse commencent à apporter une série de propriétés utiles au monde complexe et varié des matériaux. » FIDEA

[Risque DC Etiquetage] « Un étiquetage généralisé, professionnel et public, sera mis en place et comprendra la mention NANO (suivi des éléments atomiques qu'il renferme). » FIDEA

[Mauvaise gouvernance DC neg compétitivité économique] « il y aurait lieu[...] d'introduire [...] Le concept de gouvernance transversale ; gouvernance sans laquelle une efficacité suffisante ne sera pas atteinte » FIDEA

[Nano DC Précaution] « Il est clair et absolument pas nouveau dans la démarche, que des tests de dispersion et de perte des nanomatériaux présents dans des objets lors de leurs usages, stockage, recyclage ou destruction doivent être conduits dans des labos agréés avant toute autorisation d'accès au marché. » FIDEA

[Nano DC Risques] « Les moyens de protection existent ou peuvent être relativement facilement adaptés. Il s'agit donc ici de déployer les mesures et les moyens appropriés » FIDEA

INSERM

[Nano DC Bonne santé] « L'utilisation de nanoparticules innovantes couplées à des systèmes miniaturisés apporte des solutions performantes à ces problèmes de santé publique dans des domaines allant de l'analyse des processus pathologique à l'imagerie médicale. » INSERM

[Nano DC Amélioration des savoirs] « Le développement de ces nanoparticules manufacturées dans le cadre de diverses applications (énergie, chimie,...) nécessite une évaluation fine de leur impact sur la santé humaine en particulier chez les travailleurs directement exposés.» INSERM

ORDIMIP

[Nano DC Risque] « Les risques concernent les écosystèmes et les diverses espèces, et, en ce qui concerne l'être humain, les populations de travailleurs mais aussi la population générale. En résumé, il s'agit de risques environnementaux et sanitaires. » ORDIMIP

[Risque DC Besoin de réglementation] « Les nanoparticules ne sont pas prises en compte dans la réglementation « déchets », ni même dans les outils de planification concernant les déchets. Elles n'existent pas, aujourd'hui, aux yeux du législateur. Il faut remédier à cela rapidement. » ORDIMIP

[Risque DC information du public] et [Risque DC Etiquetage] « c'est bien parce que des risques potentiels existent que les membres de l'Observatoire se sont mobilisés dans un travail collégial et font les recommandations suivantes : Information, transparence - Un étiquetage des produits doit devenir obligatoire pour une information des utilisateurs qu'ils soient grand public ou professionnels. » ORDIMIP

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « Pour palier le manque vertigineux de connaissances essentielles quant au devenir des nanomatériaux et des nanoparticules en fin de vie, il est indispensable de mettre en place, de toute urgence, des financements pour des recherches spécifiques portants, en particulier, sur l'évaluation des risques sanitaires, environnementaux et accidentels. » ORDIMIP

ANP

[Nano DC Bonne santé] « les nanomédicaments peuvent améliorer les soins apportés aux patients » et « L'application médicale des nanotechnologies est donc un champ d'innovation prometteur. » ANP

[Risques PT Plus-value] et [Risque DC information du public] et [Nano DC Risque]« Il est important de favoriser la discussion au niveau des experts, des agences d'évaluation et du public pour montrer l'intérêt de ces nouveaux produits et démontrer le rapport bénéfice/risque positif. » ANP

[Risque DC Etiquetage] « L'Académie nationale de pharmacie recommande par ailleurs de se pencher plus spécialement sur l'évaluation des dispositifs médicaux et de l'adaptation du marquage CE pour les dispositifs en contact avec le patient et contenant des nanoobjets. » ANP

CESR RA

[Nano DC Compétitivité économique] « Les nanotechnologies sont un élément fort de l'économie » CESR RA

[Nano DC Plus-value] et [Nano DC Risque] « L'infiniment petit cristallise des visions situées entre espoirs de progrès social, médical, économique, écologique... et craintes sur les risques sanitaires, environnementaux » CESR RA

[Nano DC Amélioration des savoirs] « Poursuivre et encourager l'effort de recherche régional » CESR RA

[Nano DC Précaution] « Un raisonnement au cas par cas est nécessaire, compte tenu de la multiplicité des nanotechnologies, nano-objets, nano-composants. Dans ce champ très large et hétérogène, l'approche risques/avantages doit être menée au cas par cas. » CESR RA

[Risque DC Besoin de réglementation] « Créer des normes de qualité et environnementales adaptées aux nanoproducts » et « Étendre le règlement européen REACH aux nanotechnologies et nanoproducts » CESR RA

[Risque DC Etiquetage] « Rendre obligatoire l'information sur la présence de nanoparticules dans les produits de grande consommation (produits alimentaires, cosmétiques, habillement...) par un étiquetage clair et commun à l'échelle de l'UE. » CESR RA

[Nano DC Besoin d'une meilleure gouvernance] « Compte tenu du poids des N&N dans la région, le CESR pense qu'une instance de gouvernance territoriale, chargée du suivi permanent des activités de recherche et de développement industriel des nanotechnologies, pourrait aussi être expérimentée en Rhône-Alpes » CESR RA

[Risque DC Evaluation indépendante] « Le CESR Rhône-Alpes suggère la création d'une haute autorité nationale chargée des nanotechnologies. Instance de veille, elle serait chargée, en toute indépendance, de valider les orientations stratégiques et de jouer un rôle de contrôle des normes et d'évaluation. » CESR RA

INERIS

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « L'INERIS participe à des programmes de recherche pour évaluer les expositions environnementales et mettre au point des méthodologies pour évaluer le risque associé. » INERIS

[Nano DC Plus-value] « Les nanotechnologies rendent possibles des progrès technologiques qui répondent à des attentes sociétales fortes dans des domaines comme l'énergie (batteries, cellules photovoltaïques) et la santé pour relever les défis du développement durable » INERIS

[Nano DC Risque] « Pour évaluer les différents risques encourus, l'INERIS développe des méthodes de mesure des nanoparticules. » INERIS

[Nano DC Information du public] et [Risque DC Réglementation] « Le développement harmonieux et accepté de ces technologies suppose d'en assurer la maîtrise des risques [...] par un encadrement réglementaire et un dialogue avec la société. » INERIS

SITELESC

[Nano DC Bonne santé] et [Nano DC Protection de l'environnement] « [...] ces composants et leurs performances accrues sont à l'origine de la généralisation de l'électronique [...] dans de nombreux domaines, comme dans l'automobile, pour assurer une meilleure sécurité [...] et un contrôle efficace de la consommation de carburant. » SITELESC

[Nano DC nég Risques] « L'échelle nanométrique des dimensions des composants n'introduit aucune nouveauté par rapport aux composants micrométriques des générations précédentes et relève du même traitement du matériel en fin de vie, selon les préconisations du Grenelle de l'environnement. » SITELESC

[Réglementation DC Nég risques] « Les mesures de prévention collective et individuelle sont adaptées au fur et à mesure de l'évolution des connaissances et des études en cours. » et « Les salles blanches [...] sont garantes d'une atmosphère contenant très peu de poussières. [...] les filtres utilisés ont une efficacité démontrée. » SITELESC

LADLT

[Risque DC Moratoire] « Un moratoire sur les nanotechnologies est aujourd'hui la seule solution raisonnable » LADLT

[Nano DC Nég Bonne santé] « les nanoparticules de dioxyde de manganèse, inhalées par le rat, se retrouvent dans les zones profondes du cerveau, provoquant un stress oxydatif qui peut altérer gravement les neurones et favoriser les maladies neurodégénératives. » LADLT

[Nano DC Neg protection de l'environnement] « des études environnementales récentes laissent penser aussi que ces nanomatériaux peuvent être toxiques pour des espèces écologiquement importantes » LADLT

[Mauvaise gouvernance DC Nég besoins humains] « Sous prétexte d'innovation, les pouvoirs publics financent en priorité la recherche appliquée, pour de nouvelles technologies, asséchant tous les fonds au détriment d'autres explorations qui pourraient être plus utiles socialement. » LADLT

[Nano DC Risque] et **[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche]** « Il est indispensable que tous les problèmes sanitaires, environnementaux, sociaux, économiques, éthiques que posent ces produits soient traités en amont et qu'une réponse y soit apportée dans le respect du principe de précaution.

[Risque PT Nég Amélioration des savoirs] « Les fonds alloués aux études toxicologiques sont dramatiquement dérisoires comparés à ceux octroyés aux applications des nanotechnologies. » LADLT

ANM

[Nano DC Bonne santé] « De leurs applications sont issus beaucoup des progrès récents de la médecine. » ANM

[Nano DC Neg protection de l'environnement] « Nous ne traiterons pas des nanoparticules de la pollution environnementale, même quand certaines sont le fruit involontaire de l'activité humaine. » ANM

[Nano DC Risque] « Les nano-technologies présentent un revers : celui de leurs risques potentiels. » ANM

[Neg Savoirs établis DC Réglementation] « pour chaque nano-objet doivent être bien connus : Son cycle de vie, [...]; Les mécanismes et les effets de sa toxicité [...]. Si bien qu'il est possible qu'[...] une réglementation spécifique [...] soit [...] nécessaire. ANM

[Nano DC Eugénisme] « le risque de nouvelles tentatives d'eugénisme doit toujours être redouté afin d'être rapidement combattu » ANM

FO

[Nano DC Risque] « Elles génèrent des craintes légitimes à hauteur de leur développement fulgurant et quasi incontrôlé, faisant suite aux dérives constatées avec l'amiante, les OGM, les ondes électromagnétiques. Leur caractéristique de petite taille leur permet de franchir la barrière cellulaire. » FO

[Nano DC Plus-value] « Elles sont porteuses d'espoir dans des domaines : eau, énergie, informatique, systèmes portables et miniaturisés, médecine. » FO

[Nano DC Compétitivité économique] « Les perspectives d'emploi dans ce nouveau domaine sont donc importantes. » FO

Risque DC Etiquetage] « Rendre obligatoire l'étiquetage de la mention « nano » sur les produits contenant des NP » FO

[Risque DC Besoin de réglementation] « Adapter les textes communautaires dans le sens d'une protection renforcée des consommateurs européens » FO

[Nano DC Amélioration des savoirs] « Répondre aux questions de la toxicité et de l'écotoxicité des NT » FO

[Nano DC Besoin d'une Meilleure gouvernance] « La gouvernance des précautions de production des produits NT doit donc être mondiale. » FO

UIC

[Nano DC Protection de l'environnement] « Les nanotechnologies y contribuent, notamment dans la dépollution des sols et des eaux, le stockage du CO₂, ou encore la production et le stockage d'énergies renouvelables. » UIC

[Nano DC Compétitivité économique] « Une compétition mondiale forte est déjà engagée dans le développement de ces technologies qui représentent un enjeu majeur pour les industries françaises et européennes. » UIC

[Savoirs établis DC Nég risques] « Des études poussées ont pu être réalisées pour évaluer les impacts sanitaires et environnementaux de certains nanomatériaux utilisés à l'échelle industrielle depuis plusieurs dizaines d'années. Elles n'ont pas fait apparaître de danger avéré pour l'homme. » UIC

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] Il reste indispensable d'approfondir les recherches et les connaissances sur les nanoparticules et nanomatériaux utilisés à l'échelle industrielle. » UIC

[Réglementation DC Nég risques] « Les industriels de la chimie ont développé des programmes de maîtrise des risques [...]. De tels programmes peuvent conduire à la mise en œuvre de mesures visant à atteindre des niveaux de précaution et protection particulièrement élevés » UIC

[Mauvaise gouvernance DC neg compétitivité économique] « [...] une volonté partagée par les industriels de la chimie de mettre en œuvre de bons principes de gouvernance, adaptés au développement des nanotechnologies. » UIC

FSC

[Nano DC Risque] et [Risque DC Moratoire] « Moratoire sur la recherche appliquée et la commercialisation des nanoproducts » FSC

[Débat PT Neg information du public] « Débattre des nanotechnologies dans les conditions telles que fixées par ce débat national nous semble plus relever d'une manipulation de la population, pour qu'elle adhère au développement irrémédiable de ce qu'on lui présente comme une source infinie de progrès, que d'une information objective. » FSC

[Risque DC Expertise indépendante] « Financements et soutiens publics à la création d'un tiers-secteur d'expertise Nanos » FSC

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « Le budget mondial alloué aux questions d'évaluation des risques, tout comme les études des effets toxiques des nanoparticules, notamment sur le long terme, restent insignifiants » FSC

[Mauvaise gouvernance DC Nég besoins humains] « Devrait-on laisser une application technologique [...] s'imposer au point de changer fondamentalement la vie de la société ? N'est-ce pas à la société de [...] de décider [...] ? FSC

CNRS et CEA

[Nano DC Compétitivité économique] « Les deux organismes travaillent en complémentarité. Leurs recherches, du plus fondamental aux applications, soutiennent l'économie française et l'emploi. » CNRS et CEA

[Nano DC Plus-value] « Les travaux du CEA et du CNRS dans les domaines des nanosciences et des nanotechnologies répondent aux grands enjeux de recherche et de société du siècle naissant. » et « Les bénéfices sont évidents, comme l'amélioration du bien-être et de la santé. » CNRS et CEA

[Nano DC Information du public] « Les deux organismes échangent avec le public, préoccupé et demandeur d'information. » CNRS et CEA

[Réglementation DC Nég risques] « l'évaluation des risques liés aux nanomatériaux et leur maîtrise, tout au long de leur cycle de vie, pour la sécurité des personnes (depuis la fabrication jusqu'au recyclage). » CNRS et CEA

ASD

[Nano DC Précaution] « nous demandons que toutes les dispositions soient prises pour que le principe de précaution soit respecté » ASD

[Risque DC Besoin de réglementation] « nous demandons que les réglementations européennes et françaises soient adaptées aux spécificités des nanomatériaux sans tarder » ASD

[Nano DC Information du public] « nous demandons que le débat public national sur les nanotechnologies soit prolongé par de nouveaux débats publics » ASD

[Nano DC Besoin d'une Meilleure gouvernance] « nous demandons qu'une véritable démocratie participative soit mise en place concernant les choix scientifiques et technologiques » ASD

Les Verts

[Nano DC Eugénisme] « [Les nanotechnologies] enclenchent des transformations irréversibles portant atteinte à l'identité même de l'humanité. » Les Verts

[Nano DC Risque] « Les nanoparticules doivent être considérées et manipulées comme des matières dangereuses. » Les Verts

[Risque DC Réglementation] « Il est donc impératif qu'un texte cadre puisse fournir les définitions nécessaires ainsi que les conditions d'application des réglementations » Les Verts

[Risque DC information du public] « Les Verts préconisent l'instauration de débats publics permanents et d'informations complètes des élus » Les Verts

[Risque DC Moratoire] « Les Verts préconisent l'instauration d'un moratoire sur la commercialisation de produits contenant des nanoparticules » Les Verts

CESR FC

[Nano DC Compétitivité économique] « Le secteur des microtechniques et nanotechnologies est marqué par une très forte dynamique d'innovation [...] dans un objectif de compétitivité mondiale. » CESR FC

VivAgora

[Risque DC Besoin d'une démocratie participative] « Il est primordial que se mettent en place des processus innovants et permanents de concertation et d'instruction collective des sujets controversés ou préoccupants. VivAgora

[Nano DC Besoin d'une Meilleure gouvernance] « Il s'agit de faire des nanotechnologies une « affaire publique », ce qui implique de développer de nouveaux modes de gouvernance, transparents, ouverts et participatifs » VivAgora

UNSA

[Nano DC Information du public] « C'est parce que l'on ne peut pas se limiter à condamner sans savoir, ni demander aux citoyens de faire aveuglément confiance aux avancées scientifiques alors que celles-ci pourraient s'avérer mal maîtrisées [...] que débattre est essentiel. UNSA

[Nano DC Compétitivité économique] « Des marchés potentiels estimés à plusieurs milliers de milliards d'euros à courte échéance [...] et des emplois par milliers : les « nanos » sont l'enjeu économique majeur de ce début de siècle ! » UNSA

[Nano DC Risque] « Nier la possible dangerosité de nano-objets ou nanomatériaux relèverait donc de l'imposture. » UNSA

[Nano DC Bonne santé] « Désormais qui peut nier l'utilité pour la santé de certaines molécules ? » UNSA

[Nano DC Plus-value] « L'UNSA est favorable au développement des nanotechnologies, outil majeur pour le progrès scientifique, technique et économique, qui portent en elles des possibilités indéniables de progrès sociaux. » UNSA

[Risque DC Besoin de réglementation] « L'UNSA estime indispensable de réguler un tel développement » UNSA

[Nano DC Amélioration des savoirs] « Nous demandons que, pour chaque projet de recherches en nanotechnologie, une part consistante des crédits soit systématiquement dédiée aux études destinées à en évaluer les éventuels effets. » UNSA

[Risque DC Expertise indépendante] « Nous demandons la création d'une Haute Autorité Européenne des Nanotechnologies, indépendante des pouvoirs politiques et économiques » UNSA

AFT

[Nano DC Bonne santé] « : le développement des nanotechnologies est souhaitable dans la mesure où il participe à l'augmentation des possibilités de l'humanité, où il contribue à perpétuer son existence et sa pensée. » AFT

[Nano DC Plus-value] « Oui aux nanotechnologies dans tous les domaines, sans aucun tabou. »
AFT

[Nano DC Précaution] « Oui aux contrôles nécessaires lors des recherches, et dans tout processus en amont de la dissémination. » AFT

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « Dans tous les cas, cela signifie bien davantage de moyens pour la recherche. » AFT

ADS

[Nano DC nég Risques] « Il n'y a pas de danger intrinsèque à la nanophysique » ADS

[Réglementation DC Nég risques] « Leur élimination [...] peut se faire en utilisant des procédés classiques et ne devrait pas poser de problèmes spécifiques. » ADS

[Nano DC Bonne santé] « Les techniques bioanalytiques couplées aux microfabrications et à la fluidique ont permis des avancées remarquables dans plusieurs domaines intéressant la médecine et la biologie ». ADS

CR IDF

[Nano DC Plus-value] « Notre groupe se déclare majoritairement favorable aux nanotechnologies[...] Les nanotechnologies représentent indéniablement un progrès et même un espoir pour le monde d'aujourd'hui et de demain. » CR IDF

[Nano DC Risque] et [Risque DC Besoin de réglementation] « Nous souhaitons l'établissement de règles encadrant le développement des nanotechnologies parce que les nanoparticules sont potentiellement dangereuses, parce que les risques sur l'environnement et la vie sont réels » CR IDF

[Risque DC Expertise indépendante] « pour représenter les intérêts des citoyens, nous souhaitons la création d'une instance indépendante » CR IDF

[Risque DC Etiquetage] « Un étiquetage précis et clair doit être apposé sur les produits issus des nanotechnologies afin d'informer les consommateurs. » CR IDF

[Risque DC information du public] « Nous souhaitons une diffusion très large dans un langage accessible à tous, et sur tous les supports (presse, radio, TV, Internet...). » CR IDF

[Nano DC Amélioration des savoirs] « Nous souhaitons le renforcement de la recherche » CR IDF

CFTC

[Nano DC Plus-value] « Les nanotechnologies sont porteuses d'un potentiel considérable de développement pour nos société » CFTC

[Nano DC Risque] « des travaux scientifiques tempèrent cet enthousiasme en soulignant des dangers nouveaux et inhabituels, tant pour la santé que pour l'environnement, liés aux nanomatériaux et aux bio et nanotechnologies. » CFTC

[Risque DC Réglementation] « La CFTC exige donc que les réglementations existantes soient adaptées aux spécificités des nanotechnologies. » CFTC

[Nano DC Amélioration des savoirs] « La CFTC propose que tous les budgets de recherche portant sur les nanotechnologies incluent obligatoirement les aspects santé et sécurité et que la recherche publique affecte une part significative de ses budgets dans ce domaine » CFTC

SFSP

[Nano DC Information du public] « la Société Française de Santé Publique aspire à faire connaître et faire comprendre [...] le résultat des découvertes scientifiques et du développement des nanotechnologies » SFSP

[Nano DC Besoin d'une Meilleure gouvernance] « La SFSP aspire à participer à la révision de la gouvernance du risque en général et en santé en particulier. » SFSP

INDECOSA-CGT

[Neg savoirs établis PT Utilisation ancienne] « Nous nous trouvons dans une situation inédite, où des produits de consommation courante contenant des nanoobjets sont mis en vente sans études appropriées préalables de toxicologie et d'élimination des produits en fin de vie. » INDECOSA-CGT

[Nano DC Plus-value] « Le développement des nanotechnologies est porteur de progrès dans de multiples domaines.» INDECOSA-CGT

[Risque DC Besoin de réglementation] « Il est primordial de renforcer les recherches en toxicité, écotoxicité et métrologie. » INDECOSA-CGT

[Risque DC Etiquetage] « Quant à l'étiquetage des produits incluant des nanoparticules, il se justifie pleinement dans certains cas, notamment pour les produits alimentaires, cosmétiques, vêtements, etc. » INDECOSA-CGT

[Risque DC Expertise indépendante] « Nous proposons la mise en place d'une agence indépendante » INDECOSA-CGT

FNFR

[Nano DC enjeux éthiques] « La dimension éthique est également concernée car les nanomatériaux peuvent être utilisés pour tracer les objets et pourquoi pas les personnes. » FNFR

[Nano DC Information du public] « la question de l'information est centrale dans le débat. Aujourd'hui, aucune indication ne signale la présence de ces matériaux dans les produits. Les consommateurs doivent pouvoir choisir en connaissance de cause. » FNFR

[Neg Savoirs établis DC neg Evaluation des risques] « Leur dispersion dans l'environnement, leur migration dans les organismes vivants et leur impact sont méconnus. » FNFR

[Nano DC Risque] « Le problème de la toxicité des nanoparticules se pose de façon aiguë pour les travailleurs qui les manipulent. » FNFR

[Risque DC Etiquetage] « Il est indispensable que l'information sur la présence de nanomatériaux soit faite aux consommateurs. »

[Risque DC Réglementation] « Fixer un cadre réglementaire prévoyant l'enregistrement voire la demande d'autorisation avant la mise sur le marché des produits » FNFR

CESE

[Nano DC Plus-value] « Les nanotechnologies recèlent un potentiel considérable de transformations positives de notre vie quotidienne et d'avancées des connaissances » CESE

[Inquiétude DC information du public] « le débat public est une dimension essentielle de la question car les peurs naissent de la méconnaissance des phénomènes mais aussi du sentiment que les préoccupations exprimées ne sont pas prises en compte. Le débat public permet de traiter ces deux aspects. » CESE

[Nano DC Précaution] et [Nano DC Risque] « De nombreuses mesures de précaution et de prévention des risques doivent être respectées. » CESE

[Risque DC Besoin de réglementation] « Il est important de s'appuyer sur les règles de protection déjà existantes [...], tout en les adaptant et en les complétant. » CESE

ANIA

[Nano DC Plus-value] « Les nanotechnologies peuvent potentiellement permettre des innovations dans le domaine alimentaire.» ANIA

[Neg risque DC Neg réglementation nouvelle] « Il ne nous semble pas nécessaire que soit mise en place une législation spécifique aux nanotechnologies » ANIA

[Réglementation DC Nég risques] « Selon le règlement [...], toute denrée alimentaire doit garantir la sécurité du consommateur. La mise sur le marché d'une denrée alimentaire dangereuse est donc interdite. » ANIA

[Nano DC Information du public] « Le CNA recommande que, pour toute nouvelle technologie, soit mis en place un processus de concertation [...] ce qui permettra notamment de mieux informer les consommateurs. L'ANIA salue cette recommandation » ANIA

[Nano DC Amélioration des savoirs] « il nous paraît souhaitable d'encourager la recherche dans ce domaine. » ANIA

INC

[Nano DC Plus-value] « L'usage des nanotechnologies est une source importante d'innovation pour les consommateurs » INC

[Nég information du public DC neg compétitivité économique] « Le manque d'information et l'absence de communication risquent de provoquer un rejet de la part de nos concitoyens. Cette peur irrationnelle de la nouveauté pourrait être préjudiciable au progrès et freiner le développement économique attendu des nanotechnologies. » INC

[Mauvaise gouvernance DC neg compétitivité économique] « Une pleine participation des consommateurs à l'ensemble du dispositif est incontournable pour garantir la crédibilité et permettre le développement des progrès attendus des nanotechnologies. » INC

[Risque DC Etiquetage] « Il faut prévoir un étiquetage. » INC

[Nano DC Risque] et [Risque DC Expertise indépendante] «le rapport bénéfice/risque doit être évalué par des structures rassemblant des experts indépendants et des représentants de consommateurs. » INC

CFDT

[Nano DC Plus-value] « Elles présentent un potentiel considérable de développement » CFDT

[Risque DC information du public] « Des métiers transversaux de « passeurs de connaissances » en direction de tous les publics (adultes et scolaires) pourraient être créés. » CFDT

[Risque DC Réglementation] « La CFDT soutient la résolution [...] sur les nanotechnologies et les nanomatériaux. Elle revendique l'extension et l'adaptation des dispositions du règlement européen REACH aux nanoparticules. » CFDT

CFE-CGC

[Nano DC Compétitivité économique] « Les nanotechnologies seront les emplois de demain » CFE-CGC

[Nano DC Risque] « Les nanotechnologies sont porteuses d'espoir, mais comme pour tout, il peut y avoir de mauvais usages et des risques spécifiques nouveaux. » CFE-CGC

[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche] « la priorité est de développer les activités de recherche en toxicité et écotoxicité pour mieux identifier les risques liés à certaines activités ou certains produits. » CFE-CGC

[Risque DC Besoin de réglementation] « L'élaboration de normes européennes dans ce domaine serait d'ailleurs particulièrement utile » CFE-CGC

ADT

[Nano DC Plus-value] « leurs bénéfices essentiels sont attendus dans le domaine de la santé [...], dans celui de l'énergie et du transport [...] ainsi que dans le domaine des textiles. ADT

[Plus-value DC information du public] « Mettre en évidence en permanence les bénéfices attendus des nanotechnologies. » ADT

[Nano DC Précaution] « exiger des chercheurs le respect des bonnes pratiques de laboratoire. » ADT

[Risque DC Réglementation] « Accélérer la prise en compte des nanoparticules dans les instances de normalisation et de réglementation. » ADT

[Inquiétude DC information du public] « Associer toutes les parties concernées [...] en améliorant la diffusion des connaissances [...] et en favorisant une meilleure écoute des inquiétudes des citoyens. » ADT

AFOC

[Risque DC Evaluation indépendante] « Institution d'une autorité administrative indépendante chargée des nanotechnologies » AFOC

[Nano DC Plus-value] et [Nano DC Risque] « À la fois sources de progrès et de risques » et « les nanotechnologies peuvent être la meilleure ou la pire des choses » AFOC

[Nano DC Amélioration des savoirs] « renforcer les moyens de la recherche pluridisciplinaire en toxicité » AFOC

[Risque DC Réglementation] « exiger une adaptation des textes communautaires dans le sens d'une protection renforcée des consommateur » AFOC

[Risque DC Etiquetage] « rendre obligatoire la mention « nano » sur les produits ayant recours aux nanotechnologies ». AFOC

[Risque DC information du public] « L'étiquetage fait partie de l'information de base à la disposition de la population. Il [...] est conforme au droit français de la consommation qui fait peser l'obligation d'information sur le professionnel. » AFOC

Annexe 4

Position des acteurs en fonction de l'opération effectuée sur les différents concepts

(1 page)

Position des acteurs en fonction de l'opération effectuée sur les différents concepts

	Investie par	Combattue par	Naturalisée par
[Nano DC Plus-value]	LEEM, CLCV, CNISF, UNSA, AFT, CR IDF	IReSP, CENG, SEPANSO, LADLT, Les Verts	FEBEA, MEDEF, AFSSA, INRIA, LEEM, CNISF, AFNOR, EPE, CNIL, FIDEA, INSERM, ANP, CESR RA, INERIS, SITELESC, ANM, FO, UIC, CNRS et CEA, CESR FC, UNSA, ADS, CFTC, INDECOSA-CGT, CESE, ANIA, INC, CFDT, CFE-CGC, ADT, AFOC
[Nano DC Risque]	CNISF, SEPANSO, UNSA, INDECOSA-CGT, Les Verts	FEBEA, MEDEF, LEEM, EPE, SITELESC, UIC, CNRS et CEA, Les Verts, ADS, ANIA	INRS, AFNOR, FNE, CENG, APPA, AFSSET, FIDEA, ORDIMIP, CESR RA, INERIS, LADLT, ANM, FO, CFTC, FNFR, CFE-CGC, AFOC, CESR B, CLCV, CESE, INRIA, ANP, INC, CR IDF, IRESP, ASD, FMSD, FSC
[Risque DC Evaluation indépendante]	MEDEF, CLCV, FMSD, CESR Bretagne, CESR RA, FSC, UNSA, CR IDF, INDECOSA-CGT, INC, AFOC	FEBEA	
[Nano DC Information du public]	IReSP, CNISF, CLCV, FNE, CENG, APPA, SEPANSO, CESR Bretagne, AFSSET, ORDIMIP, ANP, ASD, Les Verts, UNSA, CR IDF, SFSP, FNFR, ANIA, INC, CFDT, ADT		MEDEF, CENG, INRIA, INERIS, CNRS et CEA, FNFR, CESE, AFOC
[Nano DC Besoin d'une Meilleure gouvernance]	MEDEF, APPA, FMSD, SEPANSO, CESR Bretagne, FIDEA, CESR RA, LADLT, FO, UIC, FSC, ASD, VivAgora, SFSP		CENG, INC
[Risque DC Réglementation]	MEDEF, AFSSA, IReSP, CNISF, CLCV, FNE, FMSD, CNIL, SEPANSO, CESR Bretagne, AFSSET, FIDEA, ORDIMIP, ANP, CESR RA, LADLT, FO, FSC, ASD, Les Verts, UNSA, AFT, CR IDF, CFTC, INDECOSA-CGT, FNFR, CESE, INC, CFDT, CFE-CGC, ADT, AFOC	FEBEA, EPE, ADS, ANIA	INRIA, AFNOR, FNE, INRS, FIDEA, INERIS, LADLT
[Nano DC Amélioration des savoirs]	MEDEF, AFSSA, INRS, IReSP, CLCV, FNE, CESR Bretagne, INSERM, ORDIMIP, CESR RA, LADLT, ANM, FO, UIC, UNSA, AFT, CR IDF, CFTC, ANIA, CFE-CGC, AFOC		EPE, INERIS, FSC, FNFR

Annexe 5

Ensemble des concepts cadre et sous concepts

(2 pages)

Légende

- Concept cadre
- Nég Concept cadre

Acteurs investissant ou naturalisant le concept	
CONCEPT	Acteurs investissant ou naturalisant le concept
[Nano DC Plus-value]	Medef AFSSA CNISFEPE AFNOR CLCV/CNIL FIDEA CESR RA INERIS FO CNRS et CEA UNSAINDECOSA-CGT CR IDF CFTCAFT CESE ANIA INC CFDT ADT AFOC
[Nano DC Bonne santé]	Febea Medef INRIA LEEM INSERM ANP SITELESC ANM UNSAAFT ADS
[Nano DC Compétitivité économique]	Medef LEEM CNISFAFNOR CESR RA FO UIC CNRS et CEA CESR FC UNSACFE-CGT
[Nano DC Protection de l'environnement]	Medef SITELESC UIC
[Risques PT Plus-value]	ANP
[Nano DC Plus-value]	IRESP/SEPANSO LADLT
[Nano DC Nég Bonne santé]	CENGLADLT
[Nano DC neg protection de l'environnement]	Les Verts
[Nano DC Eugénisme]	
[Nano DC Risque]	CENGINRS CNISFAFNOR FNE APPA/FIDEA AFSSSET ORDIMP CESR RA INERIS LADLT ANM FO Les Verts UNSACFTCFNFR CFE-CGC AFOCCESR B CLCV/CESE INRIA ANP INC CR IDF IRESP ASD FMSDFSC
[Neg savoirs établis PT Utilisation ancienne]	SEPANSO INDECOSA-CGT
[Nano DC Nég Risques]	Febea SITELESC ADS
[Réglementation DC Nég risques]	LEEM/PE ADS CNRS et CEA SITELESC ANIA UIC
[Savoirs établis DC Nég risques]	UIC
[Utilisation ancienne PT Bonne Santé]	Febea Medef
[Risque DC Evaluation indépendante]	CLCV/FMSD/CESR B CESR RA FSC UNSACKR IDF INDECOSA-CGT INC AFOC
[Expertise indépendante DC Expertise de qualité]	Medef
[Risque DC/Nég Evaluation indépendante]	
[Recherche indépendante PT Nég risques]	Febea
[Risque DC Information du public]	Medef INRIA IRESP/CNISF/CESR B FNE APPA/SEPANSO CLCV/AFSSSET ORDIMP ANP INERIS CNRS et CEA ASD Les Verts UNSACKR IDF SFSP FNFR ANIA CFDT AFOC
[Débat PT Neg information du public]	CENG FSC
[Inquiétude DC information du public]	CESE ADT
[Nano DC enjeux éthiques]	FNFR
[Nég information du public DC neg compétitivité économique]	INC
[Plus-value DC information du public]	ADT
[Utilisation ancienne DC neg démocratie participative]	SEPANSO
[Nano DC Besoin d'une meilleure gouvernance]	CESR RA FO ASD VIVAGORA SFSP APPA
[Etat PT Discours déséquilibré]	Medef CENG
[Mauvaise gouvernance DC neg compétitivité économique]	Medef FIDEA UIC INC
[Mauvaise gouvernance DC Nég besoins humains]	LADLT FSC
[Risque DC Besoin d'une démocratie participative]	CENG CESR B VIVAGORA
[Risques PT neg démocratie participative]	CENG FMSD
[Débat PT Neg Démocratie participative]	CENG APPA SEPANSO

CONCEPT	Acteurs investissant ou naturalisant le concept
[Risque DC Besoin de réglementation]	Medef INRS AFNOR CLCVFNE FMSDCNIL AFSSET ORDIMP CESR RA INERIS FO ASD Les Verts UNSA CR IDF CFTC INDECOSA-CGT FNFR CESE CFDT CFE-CGC ADT AFOC
[Risque DC Etiquetage]	Medef CLCVCESR B FNE AFSSET FIDEA ORDIMP ANP CESR RA FO CR IDF INDECOSA-CGT FNFR INC AFOC
[Risque DC Moratoire]	FNE CESR B SEPANSO FMSD LADLT FSC Les Verts
[Neg savoirs établis DC Précaution]	AFSSA AFSSET
[Neg Savoirs établis DC Réglementation]	AFSSA IRESP CNISF ANM
[Nano DC Précaution]	INRIA CNIL SEPANSO CESR B FIDEA CESR RA ASD AFT CESE ADT
[Risque DC Néq Besoin de réglementation]	
[Réglementation donc Néq compétitivité économique]	EPE
[Neg Risque DC Neg réglementation nouvelle]	Febea ANIA
[Nano DC Amélioration des savoirs]	INSERM CESR RA FO UNSA CR IDF CFTC ANIA AFOC
[Risque PT Néq Amélioration des savoirs]	LADLT
[Neg Savoirs établis DC Développement de la recherche]	Medef AFSSA INRS IRESPCESR B CLCVFNE EPE ORDIMP INERIS LADLT UIC FSC AFT CFE-CGC
[Neg Savoirs établis DC neg Evaluation des risques]	AFSSA INRS FNFR
[Etiquetage PT Neg savoirs établis]	AFSSA
Légende-1	
	Concept cadre
	Nég Concept cadre

Annexe 6

Analyse des référentiels de l'enseignement agricole (au 15/12/2016)

(2 pages)

Analyse des référentiels de l'enseignement agricole

FILIÈRE	MODALITÉ D'ENSEIGNEMENT	CONTENU DU RÉFÉRENTIEL
4e et 3e de l'Enseignement Agricole	Enseignement disciplinaire (Biologie-Ecologie)	Classe de 4 ^{ème} : semaine thématique « Education à la santé et à la sexualité ».
		Classe de 3 ^{ème} : Objectif 2- Préserver sa santé en adaptant son alimentation Cet objectif permet à l'apprenant d'acquérir des savoirs et des savoir-faire lui permettant de préserver sa santé. Il s'appuie autant que faire se peut sur l'observation du réel.
		Objectif 3- Préserver sa santé en luttant contre les agents pathogènes Cet objectif permet à l'apprenant d'acquérir des savoirs et des savoir-faire lui permettant de préserver sa santé. Il s'appuie autant que faire se peut sur l'observation du réel.
	Enseignement pratique interdisciplinaire (EPI): L'éducation du consommateur	Objectif 2 : Se comporter en consommateur responsable Objectif 2.2 : Décoder les emballages de produits du quotidien pour effectuer un achat raisonné Ce sous objectif vise à permettre à chaque élève d'identifier les différentes informations figurant sur l'emballage d'un produit de consommation courante alimentaire ou non. Mots-clés : lecture des étiquettes, règles de l'étiquetage, composition et dénomination des marchandises, qualité des produits, label, produits bio, signes de qualité (NF, ISO()), classement énergétique.
		Objectif 2.5 : Choisir un produit de façon pertinente Ce sous objectif vise à permettre aux élèves d'avoir une boîte à outils pour effectuer un achat raisonné. Mots clés : coûts entre différents produits, e-commerce, comparateurs de prix, rapport qualité prix, sécurité, fiabilité, goût, caractéristiques, adaptation au besoin, service après-vente, facilité d'utilisation, esthétique
		Objectif 3.4 : Identifier des organismes de protection et sécurité du consommateur Ce sous objectif vise à permettre aux élèves consommateurs confrontés à des difficultés relatives à certaines pratiques commerciales frauduleuses de faire valoir leurs droits. Les consommateurs sont souvent confrontés à des difficultés relatives à leurs relations avec les professionnels. Certains organismes publics existent pour que les particuliers soient moins démunis face aux pratiques commerciales et puissent faire valoir leurs droits. Mots clés : lois sur la protection du consommateur, partenaires pour la protection du consommateur, contrôle des falsifications et tromperies, DGCCRF.
		Objectif 4 : Agir de façon autonome et responsable dans la construction d'un projet personnel, professionnel et/ou de formation Objectif 4.4 : Identifier des atteintes potentielles de la santé liées au métier envisagé 4.4.2 – Repérer les facteurs de risques liés à l'activité professionnelle sur l'organisme Mots-clés: situations de travail dangereuses, postures, produits chimiques, risque mécanique, risque microbiologique, risque électrique, bruit, ambiance lumineuse, risque numérique
	Enseignement pratique interdisciplinaire (EPI) : L'éducation à la responsabilité et à l'autonomie	Objectif 1:Appliquer les règles d'hygiène, de sécurité et de protection de l'environnement, mettre en œuvre les dispositifs de protection et les pratiques sécuritaires dans le cadre des activités
	Enseignement pratique interdisciplinaire (EPI) : Energie	Objectif 1:Appliquer les règles d'hygiène, de sécurité et de protection de l'environnement, mettre en œuvre les dispositifs de protection et les pratiques sécuritaires dans le cadre des activités
	Enseignement pratique interdisciplinaire (EPI) : Matériaux	Objectif 1:Appliquer les règles d'hygiène, de sécurité et de protection de l'environnement, mettre en œuvre les dispositifs de protection et les pratiques sécuritaires dans le cadre des activités
CAP agricole	Module MG1 Agir dans des situations de la vie sociale	Objectif 2- Utiliser des outils dans des situations de la vie courante 2.3- Agir en citoyen et en consommateur averti dans des situations de la vie courante. 2.3.2- Faire des choix pour répondre aux besoins de la vie courante Les stratégies pédagogiques mises en œuvre s'appuient sur l'analyse de situations de la vie quotidienne concrètes pour raisonner des choix répondant à un ou plusieurs besoins. Il est fortement recommandé de s'appuyer sur le vécu des élèves. S'alimenter Évolution de la consommation alimentaire Circuits de distribution, agriculture bio, produits de saison, étiquetage, image de marque, signes de qualité, conditionnement et recyclage, commerce équitable, e-commerce,
		Objectif 1- S'exprimer à travers des réalisations personnelles Objectif 1.2- Écrire sur soi, sur son expérience, sur le monde... 1.2.1. Développer une opinion, une argumentation Toutes les activités permettant à l'apprenant de défendre une opinion dans une situation sociale dont il peut percevoir les enjeux doivent être privilégiées : article publié dans le journal du lycée ou le quotidien local, compte rendu d'enquête, lettre pour le courrier des lecteurs, participation à un concours de nouvelles ou de poésie, billets d'humeur, critique, quatrième de couverture, blog, journal de lecteur... Il s'agit toujours d'apprendre aux jeunes à défendre leur position en l'étayant par des arguments et des exemples. De la même manière, les productions argumentatives sur des grandes questions de société doivent être contextualisées : situations de communication bien identifiées, destinataire(s) et enjeu(x) clairement précisés.
		Objectif 2.2- Appliquer les principes d'une hygiène de vie adaptée à un contexte donné Mots clés : rythmes biologiques, habitudes alimentaires, règles de propreté et d'hygiène, nuisances et éléments polluants du milieu de vie, risques et prévention des accidents, préservation de la santé mentale.
	CAPa Spécialité Opérateur en industries agroalimentaires	CG1°. Agir dans des situations de la vie courante à l'aide de repères sociaux CG 1.1°. Prendre position vis-à-vis d'une situation à caractère social et civique Il s'agit, à partir de la lecture et du décryptage d'un fait social, de prendre une décision ou une position en connaissance de cause, en ayant évalué les tenants et les aboutissants de son choix.
		CG1°. Agir dans des situations de la vie courante à l'aide de repères sociaux CG 1.1°. Prendre position vis-à-vis d'une situation à caractère social et civique Il s'agit, à partir de la lecture et du décryptage d'un fait social, de prendre une décision ou une position en connaissance de cause, en ayant évalué les tenants et les aboutissants de son choix.
		CG1°. Agir dans des situations de la vie courante à l'aide de repères sociaux CG 1.1°. Prendre position vis-à-vis d'une situation à caractère social et civique Il s'agit, à partir de la lecture et du décryptage d'un fait social, de prendre une décision ou une position en connaissance de cause, en ayant évalué les tenants et les aboutissants de son choix.
BEPA	Brevet d'études professionnelles agricoles "Alimentation et bio-industries"	Capacités professionnelles communes au champ Alimentation - Bio industrie - Laboratoire C 5.4- Présenter les principaux risques et règles d'hygiène, de sécurité et de respect de l'environnement C 6.2- Présenter les caractéristiques chimiques, biochimiques et biologiques des produits des agrobio-industries C 8.3- Appliquer les mesures d'hygiène, de sécurité, de prévention, d'économie d'énergie et de respect de l'environnement
		Assurer la production dans le respect des objectifs de qualité, de productivité, tout en respectant les consignes d'hygiène, de sécurité du travail et de traçabilité Participer à la maîtrise de la qualité et à la traçabilité des produits en réalisant tous les contrôles, ajustements et enregistrements nécessaires. OI G21 : Identifier les caractéristiques principales de l'alimentation OI G22 : Situer les enjeux du secteur alimentaire dans une perspective de durabilité Prescriptions : L'évaluation de l'objectif 22 s'appuiera sur l'étude d'un cas concret qui aura fait l'objet d'une visite, d'un dossier de presse, d'un reportage... OI T21 : Caractériser les matières premières et les processus biochimiques de transformation. Composition des principales matières premières - Additifs et auxiliaires de fabrication
		Thématiques communes à tous les BPA : le cas de la sécurité des personnes Les aspects liés à la sécurité sont particulièrement essentiels. En effet, les salariés qui occupent les emplois auxquels prépare le BPA sont confrontés à des risques professionnels importants et divers, auxquels ils doivent être préparés UCO 1 : Rappeler, en vue de sa pratique professionnelle, des connaissances scientifiques et techniques relatives aux transformations alimentaires et à la maîtrise de la qualité du produit
		Thématiques communes à tous les BPA : le cas de la sécurité des personnes Les aspects liés à la sécurité sont particulièrement essentiels. En effet, les salariés qui occupent les emplois auxquels prépare le BPA sont confrontés à des risques professionnels importants et divers, auxquels ils doivent être préparés UCO 1 : Rappeler, en vue de sa pratique professionnelle, des connaissances scientifiques et techniques relatives aux transformations alimentaires et à la maîtrise de la qualité du produit
BPA	Option Transformations alimentaires	Thématiques communes à tous les BPA : le cas de la sécurité des personnes Les aspects liés à la sécurité sont particulièrement essentiels. En effet, les salariés qui occupent les emplois auxquels prépare le BPA sont confrontés à des risques professionnels importants et divers, auxquels ils doivent être préparés UCO 1 : Rappeler, en vue de sa pratique professionnelle, des connaissances scientifiques et techniques relatives aux transformations alimentaires et à la maîtrise de la qualité du produit
		Thématiques communes à tous les BPA : le cas de la sécurité des personnes Les aspects liés à la sécurité sont particulièrement essentiels. En effet, les salariés qui occupent les emplois auxquels prépare le BPA sont confrontés à des risques professionnels importants et divers, auxquels ils doivent être préparés UCO 1 : Rappeler, en vue de sa pratique professionnelle, des connaissances scientifiques et techniques relatives aux transformations alimentaires et à la maîtrise de la qualité du produit

FILIERE	MODALITÉ D'ENSEIGNEMENT	CONTENU DU RÉFÉRENTIEL
		<p>OI 31 : Mobiliser des connaissances pour appréhender l'impact environnemental des pratiques professionnelles</p> <p>OI 32 : Mobiliser des connaissances pour prévenir les risques et préserver la santé humaine</p> <p>OI 11 : Rappeler des connaissances scientifiques et techniques relatives aux matières premières, ingrédients, additifs ou auxiliaires utilisés</p> <p>OI 12 : Rappeler des connaissances scientifiques et techniques relatives à la qualité sanitaire des produits</p>
2nde professionnelle	EG4 Culture scientifique et technologique	<p>Objectif général : S'approprier des éléments d'une culture scientifique et technologique pour se situer et s'impliquer dans son environnement social et culturel</p> <p>Objectif 2 : S'approprier des savoirs et des démarches en physique chimie pour expliquer des faits scientifiques.</p>
	Seconde professionnelle Alimentation - Bio-industries - Laboratoire EP3 Produits des bio-industries	<p>Objectif 1- Mettre en relation les produits des bio industries, les comportements et la santé du consommateur</p> <p>Objectif 3- Appliquer les règles de sécurité au laboratoire</p> <p>Objectif 2- Présenter les caractéristiques chimiques, biochimiques et biologiques des produits des bioindustries</p> <p>Objectif 3- Découvrir la réglementation en matière d'hygiène, de sécurité et d'environnement</p>
		<p>Objectif 2 : Mobiliser des savoirs et utiliser des démarches scientifiques pour mesurer des enjeux liés au monde vivant en matière d'environnement, d'alimentation et de santé</p> <p>L'enseignement de biologie-écologie concourt à la formation intellectuelle, professionnelle et citoyenne des apprenants. Il a pour objectif de faire acquérir une culture scientifique relative à des questions environnementales (en particulier en lien avec les activités agricoles) ou d'alimentation qui se posent aux différentes échelles du local au planétaire et doit contribuer à la bonne compréhension du monde.</p> <p>2.1- Apprécier l'influence des activités humaines sur les milieux dans une perspective de développement durable</p> <p>2.2- Identifier l'impact de facteurs de l'environnement sur la santé humaine</p> <p>2.3- Montrer l'impact de l'alimentation sur la santé humaine</p>
		<p>Objectif 3- Mobiliser des savoirs et utiliser des démarches scientifiques pour analyser, interpréter et utiliser des informations liées aux propriétés de l'eau, des solutions aqueuses, des biomolécules, de quelques systèmes mécaniques en équilibre et de certaines formes d'énergies.</p> <p>Objectif 3.2- S'approprier des savoirs liés aux biomolécules présentes dans les aliments.</p>
Baccalauréat technologique	M71 : Le fait alimentaire Biologie, alimentation et santé	<p>Objectif 1 - Identifier les pratiques et les enjeux sociaux, économiques et culturels liés à l'alimentation humaine</p> <p>Objectif 3 - Comprendre la nutrition humaine et les impacts de l'alimentation sur la santé</p> <p>Objectif 3.4 - Analyser les dangers susceptibles d'altérer la qualité sanitaire des aliments et identifier les moyens de maîtrise du risque microbiologique</p> <p>Les différents types de dangers sont présentés en relation avec des exemples de cas concrets :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dangers physiques : corps étrangers (vis, verre, bijoux, insectes ...), - Dangers chimiques : pesticides, résidus produits de nettoyage, nitrates, phosphates, métaux lourds... - Dangers biologiques : bactéries pathogènes, mycètes, virus et prions.
	M9 : Transformation alimentaire	<p>Objectif 2 - Identifier et étudier les problématiques techniques, socio- économiques et environnementales liées à la fabrication du produit choisi</p>
Baccalauréat général	Enseignement spécifique : Écologie, agronomie et territoires	<p>Objectif général : Aborder des problématiques agronomiques, écologiques et biologiques avec des arguments scientifiques et techniques. Pratiquer une démarche scientifique (observer, questionner, formuler des hypothèses, expérimenter, raisonner avec rigueur, modéliser) ; Capacités et attitudes développées tout au long de l'enseignement spécifique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Comprendre qu'un effet peut avoir plusieurs causes ; - Manifester sens de l'observation, curiosité, esprit critique ; - Percevoir le lien entre sciences et techniques ; - Montrer de l'intérêt pour les progrès scientifiques et techniques ; - Comprendre la nature provisoire, en devenir, du savoir scientifique ; - Être capable d'attitude critique face aux ressources documentaires ; - Être conscient de l'existence d'implications éthiques de la science ; - Être conscient de sa responsabilité face à l'environnement, la santé, le monde vivant ; - Manifester de l'intérêt pour la vie publique et les grands enjeux de la société ; <p>2.4.3- La bioéthique et l'approche citoyenne des biotechnologies</p> <p>Le principe de précaution et l'acceptabilité sociale sont abordés dans cet objectif.</p>
BTSA	Module d'initiative locale (MIL)	Le MIL (module M71) vise à permettre le développement d'une compétence professionnelle ou d'une ouverture sur des réalités sociales ou culturelles, sur des sciences ou des technologies contemporaines.
	BTSA Sciences et technologies des aliments Module M55	Objectif général du module :Maîtriser et mettre en pratique le management de la qualité, de la sécurité sanitaire et de l'environnement dans les processus de transformation
	BTSA ANABIOTEC Module : M 57	Objectif général du module : Analyser et mettre en œuvre des procédés biotechnologiques

Annexe 7

Guide technique à destination des enseignants

(4 pages)

LES NANOTECHNOLOGIES

Petit guide à destination des formateurs et enseignants

Objectifs
généraux
de ce guide

1

Ce guide fournit des outils et des pistes pour mieux comprendre et enseigner la controverse sur les nanotechnologies. Il est destiné à tout enseignant de lycée ou formateur souhaitant découvrir ce sujet.

Objectifs
pédagogiques

2

Les biotechnologies en général, et les nanotechnologies en particulier, sont un excellent support pour éduquer les apprenants à la critique raisonnée de la science, à la prise de décision démocratique, et aux enjeux éthiques des nouvelles techniques.

Les
nanotechnologies

3

Le préfixe « nano » désigne la milliardième partie d'une mesure. Un nanomètre (nm en abrégé) représente donc un milliardième de mètre. Et c'est cette échelle de travail qui a donné son nom aux nanotechnologies, le préfixe servant ensuite à désigner tout objet ou particule comprise entre 1 et 1000 nanomètres (nanomatériaux, nanosciences, nanomolécules...).



« Je fais dessiner à mes élèves l'échelle des dimensions de la molécule d'eau au soleil. Ensuite ils calculent le rapport entre la taille du soleil et celle d'un adulte, et enfin le rapport entre la taille d'un adulte et un nanomètre. C'est quasiment le même ! »

Les nanotechnologies se développent depuis les années 70 dans les pays occidentaux. On retrouve des applications dans tous les secteurs de la vie courante (alimentation, santé, construction, produits de beauté, militaire).



« Je demande aux élèves où ils pensent trouver des nanoparticules et note la liste au tableau. Puis je leur fait faire une recherche documentaire et compare le résultat avec la liste de départ. »

La controverse des nanoparticules concerne un grand nombre d'acteurs (politiques, agences publiques, entreprises, syndicats, associations citoyennes...). Leurs positions varient en fonction de deux concepts clés : l'idée que les nanotechnologies apportent ou non une plus-value pour la société, et l'idée de risques causés par les nanoparticules sur la santé et l'environnement.

En 2009-2010, suite au Grenelle de l'Environnement, un débat est organisé dans 17 grandes villes françaises. A cette occasion, 51 acteurs ont chacun produit un document de quatre pages résumant leur position.

Les cahiers d'acteurs sont réunis sur le site de la Commission Nationale du débat Public. (<http://cpdp.debatpublic.fr/cpdp-nano/documents/liste-cahier-acteurs.html>). On trouve également à cette adresse les comptes-rendus de tous les débats et leur synthèse.



Les apprenants peuvent procéder en deux étapes :

- Analyse des textes (deux niveaux de difficulté)
- Jeu de rôle et débat.

Premier niveau d'analyse des textes

1. Repérer dans chaque cahier d'acteur la position soutenue par rapport aux deux concepts clés de la controverse (la notion de plus-value et la notion de risque).
2. Classifier les acteurs selon qu'ils soutiennent ou combattent l'idée de plus-value et l'idée de risque et créer des groupes d'acteurs ayant une position similaire.

Deuxième niveau d'analyse des textes

3. Rechercher dans les cahiers d'acteur la position par rapport à la réglementation.
4. Construire un graphique présentant en abscisse la position par rapport à l'idée de plus-value et en ordonnée la position par rapport à la réglementation, et y placer les 51 acteurs.
5. Identifier grâce au graphique et aux textes les groupes d'acteur ayant une position similaire.



On retrouve différents groupes d'acteurs :

- Pro + (soutiennent sans réserves les nanos)
- Pro - (Soutiennent les nanos mais souhaitent une réglementation)
- Neutre + (affichent une position neutre mais se prononcent pour les nanos)
- Neutre (affichent une position neutre)
- Anti (s'opposent aux nanos et veulent leur réglementation)

Pour le jeu de rôle, les élèves vont d'abord travailler en petits îlots comprenant autant d'élèves que de groupes d'acteurs identifiés. Chaque élève va alors présenter à ses camarades la position d'un groupe d'acteur. Puis chaque élève devra, en argumentant, convaincre ses camarades que la position qu'il a présentée est la meilleure.

Dans un deuxième temps, les élèves débattent ensemble en défendant cette fois leur position personnelle.



La deuxième partie peut se faire en petits groupes ou en classe entière, selon la capacité des élèves à s'écouter et à argumenter.

La première étape (analyse des textes) permet aux élèves de représenter les acteurs et les arguments de la controverse et donc d'en appréhender la complexité. La deuxième étape (jeu de rôle et débat) va permettre aux élèves de développer des compétences sur la prise de décision, d'écoute et d'argumentation. Il est donc important de bien réaliser les deux étapes et de ne pas se limiter à une seule.

Pourquoi parler
des
nanotechnologies?

6

L'analyse des référentiels montre que beaucoup de modules d'enseignement doivent permettre aux élèves d'acquérir des compétences en matière de prise de décision, de préservation de sa santé, d'identification des risques professionnels, d'analyse des enjeux sociétaux et environnementaux des biotechnologies. La controverse sur les nanotechnologies intègre toutes ces dimensions. Et leur universalité permet de trouver un exemple proche de l'univers des élèves.

En fonction des compétences qu'il souhaite faire développer, l'enseignant ou le formateur peut choisir par exemple une situation amenant une prise de décision, ou une prise en compte des risques au travail...

Cette méthode d'analyse est imparfaite car elle ne se base que sur les acteurs ayant fait part de leur position lors du débat de 2009-2010. Il peut être intéressant de discuter lors de la deuxième partie du débat du rôle de l'Etat notamment.

Son avantage est de pouvoir s'appliquer en l'état à d'autres questions socialement vives (OGM, brevetage du vivant, ...). Elle peut être appliquée dans le cadre d'une séance pluridisciplinaire ou avec une seule discipline. Elle ne nécessite pas de matériel particulier.

Limites et
avantages de
cette méthode

7

Ce guide donne des pistes de compréhension d'une controverse, et permet de mieux définir ce que sont les nanoparticules. C'est un outil amené à être discuté par ses lecteurs et utilisateurs afin de le faire évoluer.

Il donne quelques clés simples pour travailler sur ce thème avec les élèves, la méthode pouvant être ajustée en fonction des besoins. Mais il faut toujours réaliser les deux étapes (analyse des textes + débat).



J'adapte cette méthode en fonction du niveau de mes élèves, en essayant de les rendre le plus possible autonomes.

Voici une liste de quelques ouvrages et sites internet comme autant de ressources pour développer ses connaissances et sa compréhension du sujet.



- Marano F. (2016), Faut-il avoir peur des nanos ? Ed. Buchet-Castel
- Lenglet R. (2014), Nanotoxique une enquête, Ed. Actes Sud
- J.M Lourtioz, M. Lahmani, C. Dupas-Haerbelin, P. Hesto, (2014), Nanosciences et nanotechnologies : évolution ou révolution ? Ed. Belin
- Maestrutti, M. (2016). Notre société sera-t-elle nanotechnologique? Ed. le Pommier.
- Centre de vulgarisation de la connaissance (2006). Nanomonde : Des nanosciences aux nanotechnologies. Ed. CNRS.
- Carencio, S. (2012). Développons les nanomatériaux! Éd. Rue d'Ulm.
- Association Avicenn, & Detcheverry, M. (2016). Nanomatériaux et risques pour la santé et l'environnement: soyons vigilants! Ed. Yves Michel.



<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosnano/>
<http://veillenanos.fr>
<https://www.r-nano.fr>
<http://www.etp-nanomedicine.eu/public>
Programme nano-INNOV

Auteur : J-François Gatel-Labie - Avril 2017 - Contact : jean-francois.gatel-labie@educagri.fr

Réalisé dans le cadre d'un mémoire de Master 2 MEEF à l'ENSFEA de Toulouse. Le mémoire complet intitulé « la controverse sur les nanotechnologies - Définition d'un outil à destination des enseignants » est disponible à l'adresse suivante : http://pmbcdi.enfa.fr/opac_css/?database=pmb_cdi

La controverse sur les nanotechnologies

Définition d'un outil à destination des enseignants

Auteur : Jean-françois GATEL-LABIE

Directeur de mémoire : Alfredo Lescano

Année : 2017

Nombre de pages : 175 (annexes comprises)

Résumé :

Les nanotechnologies font partie de la vie courante depuis les années 2000. D'abord réservée au monde scientifique, la controverse sur les nanotechnologies s'est développée dans la société. En faire l'étude peut être un excellent moyen de développer les compétences des élèves sur la prise de décision autonome, l'argumentation, le respect et l'écoute de la parole des autres, ou encore la compréhension de la construction des faits scientifiques. A partir des productions d'acteurs de la controverse lors d'un débat en 2009-2010 en France, nous montrons que cette controverse se développe autour de deux concepts clés (la notion de plus-value et la notion de risque). L'origine de la controverse est ensuite expliquée, de même que le rapport entre les sciences et la société. Ce travail permet de développer un outil technique à destination des enseignants et formateurs intéressés par le sujet.

Mots-clés : controverse, nanotechnologies, guide technique, science, cartographie, analyse sémantique, débat.

Abstract :

Nanotechnologies has been a part of our everyday life since the early 2000s. At first reserved for the scientific world, the controversy over nanotechnologies developed in society. From the productions of actors during a debate in 2009-2010 in France, we show that this controversy is developed around two key concepts (the notion of surplus value and the notion of risk). The origin of the controversy is then explained, as is the relationship between science and society. This work makes it possible to develop a technical tool for teachers and trainers interested in the subject. Indeed, doing the study of this controversy can be a great way to develop students' skills on autonomous decision-making, argumentation, respect and listening to the speech of others, or understanding the construction of scientific facts.

Keywords : controversy, nanotechnology, technical guide, science, cartography, semantic analysis, debate.