



**HAL**  
open science

## Une analyse des controverses soulevées par les nanosciences et les nanotechnologies préalable à la mise en place et l'analyse de situations d'enseignement

Bénédicte Hingant, Joël Chevrier, Annie Luciani, Virginie Albe

### ► To cite this version:

Bénédicte Hingant, Joël Chevrier, Annie Luciani, Virginie Albe. Une analyse des controverses soulevées par les nanosciences et les nanotechnologies préalable à la mise en place et l'analyse de situations d'enseignement. 3ème Rencontres Jules Verne, Nov 2010, Nantes, France. pp.7. hal-01092146

**HAL Id: hal-01092146**

**<https://hal.science/hal-01092146>**

Submitted on 8 Dec 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **Une analyse des controverses soulevées par les nanosciences et les nanotechnologies préalable à la mise en place et l'analyse de situations d'enseignement**

Bénédicte Hingant, Université Joseph Fourier, Grenoble  
et Acroe-ICA, Joël Chevrier, Institut Néel, Annie Luciani, Acroe-ICA, Virginie Albe, ENS Cachan

Les quatre lettres du préfixe nano pourraient sembler anodines. Pourtant, greffées à sciences ou à technologies, elles charrient toute une collection de promesses, de craintes et des questionnements. Aussi, face aux développements rapides et controversés dans le champ social de cette technoscience, la commission nationale du débat public (CNDP) a organisé au cours de l'hiver 2009-2010 une série de débats publics sur « le développement et la régulation des nanotechnologies ». Si ces débats se présentaient comme un mode de régulation politique de ces développements, ce n'est pas le seul existant. L'éducation en est un autre. La culture scientifique et technique des citoyens est ainsi parfois proposée comme une modalité de régulation politique<sup>1</sup>. Toutefois, si cet appel au développement d'une culture scientifique et technique se retrouve sous beaucoup de plumes, on trouve peu de propositions concrètes articulant la formulation de cette requête et sa mise en application. Nous n'interrogerons pas ici la terminologie « culture scientifique et technique », mais nous nous demandons comment l'institution scolaire peut se saisir de ces questions controversées. L'école n'est en effet pas recluse dans une tour d'ivoire, à l'abri des clameurs des débats dont bruit la société et notamment de ceux qui entourent le développement des nanosciences et des nanotechnologies. Peut-elle y rester sourde alors même que les élèves peuvent y être confrontés en particulier par le biais des médias qui parfois en donnent un traitement orienté ? Dans la lignée du mouvement de recherche sur les questions socioscientifiques qui considère qu'il fait partie des missions de l'école d'outiller les futurs citoyens à comprendre et à participer aux débats sur des questions où les aspects scientifiques et sociaux sont étroitement imbriqués, nous explorons actuellement les modalités de prise en charge par l'enseignement des nanosciences et des nanotechnologies et de leurs dimensions controversées. Dans cet article nous présenterons d'abord des éléments de revue de littérature et les éléments théoriques qui constituent le soubassement d'un travail d'analyse des controverses. C'est ensuite cette description des controverses suscitées par les développements des nanosciences et des nanotechnologies qui sera au cœur de notre article. Nous reviendrons sur la façon dont nous avons construit cette analyse. Enfin nous exposerons un résumé de ce travail analytique avant de le discuter et de conclure.

### **Éléments théoriques**

Dans une revue de littérature sur l'introduction des nanosciences et des nanotechnologies dans l'enseignement secondaire<sup>2</sup>, nous avons montré qu'aux États Unis où les initiatives entreprises pour pénétrer l'enseignement de ces nouveaux objets sont plus nombreuses qu'en Europe, les dimensions controversées de ces développements sont très rarement prises en charge dans ces enseignements. De plus, en dépit des discours sur l'importance de tenir compte des aspects « science, technology and society », l'effet d'une prise en charge dans un

---

<sup>1</sup> Alexis, Grinbaum, Le débat sur les nanotechnologies souffre d'un manque d'éducation. *Techniques de l'ingénieur*. [http://www.techniques-ingenieur.fr/article/article\\_6731/--le-debat-sur-les-nanotechnologies-souffre-d-un-manque-d-education--.html](http://www.techniques-ingenieur.fr/article/article_6731/--le-debat-sur-les-nanotechnologies-souffre-d-un-manque-d-education--.html) (consulté le 03/04/2010), 2010.

<sup>2</sup> Bénédicte, Hingant & Virginie, Albe, « Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature », *Studies in Science Education*, n°46, 2010.

enseignement des aspects controversés sur les apprentissages et la compréhension des élèves des interactions entre technosciences et société sont souvent sommairement étudiés<sup>3</sup>.

Nous avons choisi pour conduire notre recherche en didactique des sciences de nous appuyer sur certains travaux de recherche en éducation particuliers : ceux qui s'inscrivent dans le mouvement des questions socioscientifiques (*socioscientific issues* dans le monde anglo-saxon<sup>4</sup>). Les recherches menées au sein de ce mouvement s'ingénient à identifier comment des enseignements peuvent fournir des outils aux élèves pour comprendre, s'engager dans des débats ou prendre des décisions sur des questions controversées où les aspects scientifiques se mêlent aux aspects sociaux, des questions « socioscientifiques ».

Au sein de ce mouvement, une approche proposée par Virginie Albe<sup>5</sup> suggère de mener à bien analyse épistémologique et sociologique des controverses avant de concevoir ou d'analyser des séquences d'enseignement sur des savoirs émergents controversés. En effet, de multiples acteurs : (scientifiques, experts, mais aussi journalistes, industriels ou citoyens rassemblés en associations...) portent des discours sur ces controverses en fonction d'intérêts, de valeurs, de conception de l'homme et du monde qui leur sont propres. Dans ces discours, ils peuvent mobiliser de savoirs de différents types, discuter leur processus d'élaboration, les protocoles utilisés, les fondements du schéma qui a servi à exploiter des données. Aussi, comme le souligne Albe, enseigner des savoirs controversés en les épurant du contexte épistémologique dans lesquels ils sont développés, en ignorant les incertitudes et les discordances limiterait fatalement les possibilités que les élèves élaborent une compréhension de ce qui fait controverse.

Pour débrouiller cette multiplicité des références et éclairer des choix éducatifs, elle propose donc de réaliser une analyse épistémologique et sociologique des savoirs de la controverse. D'ailleurs cette analyse préliminaire permet également d'éviter de relayer inconsciemment des idéologies ambiantes.

Pour construire des enseignements sur les nanosciences et les nanotechnologies puis pour les analyser, nous avons donc choisi de partir des questionnements qu'elles suscitent en société au moyen d'une analyse épistémologique et sociologique des controverses pour ensuite identifier les contenus d'une séquence permettant aux élèves de comprendre les controverses soulevées par ces développements.

## Méthodologie

Effectuer des analyses de controverses est une pratique qui a été initialement développée en sociologie des sciences. Nous avons donc emprunté à des méthodologies proposées pour le cours de description de controverses<sup>6</sup> donné aux étudiants de l'école des Mines ou de Sciences Po, par Christophe Bonneuil, sociologue des sciences, dans un article de 2006 et enfin aux travaux de Virginie Albe qui a importé ces méthodes en didactique des sciences. De l'examen de ces différentes sources nous avons retenu que diverses approches sont possibles pour mener à bien l'analyse d'une controverse. Ce qui importe est d'identifier, au fil de l'évolution de la controverse, quels sont:

- les acteurs, leurs valeurs, leurs intérêts...

<sup>3</sup> idem<sup>1</sup>

<sup>4</sup> Troy, Sadler, « Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice », *Studies in Science Education*, n°45, 2009.

<sup>5</sup> Virginie, Albe, *Des controverses scientifiques socialement vives en éducation aux sciences. État des recherches et Perspective*, Mémoire de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, 2007.

<sup>6</sup> <http://controverses.ensmp.fr/>, consulté le 21/09/2010

- leurs objets de préoccupation
- leurs arguments et la façon dont sont construites les preuves
- les relations que ces acteurs entretiennent entre eux.

Par ailleurs, comme l'analyse que nous conduisons est destinée à informer la création et l'analyse de séquences d'enseignement en France, nous avons choisi de centrer sur notre étude sur les controverses sur les nanosciences et les nanotechnologies qui animent la société française. L'entrée retenue pour échafauder notre travail analytique a consisté à exploiter une mise en forme de la controverse<sup>7</sup> où les acteurs se mettent eux même en scène. En effet, nous avons utilisé comme matériau certains documents produits pour le débat public organisé lors de l'hiver 2009-2010 par la commission nationale du débat public (CNDP). À cette occasion, toutes les « personnes morales » le désirant pouvaient apporter une contribution au débat public en rédigeant un « cahier d'acteur » restituant en quatre pages leurs positions et arguments sur le développement et la régulation des « nanos ». 51 acteurs se sont manifestés en synthétisant leur positionnement. Ce sont essentiellement ces 51 textes qui ont nourri notre analyse, même si nous leur avons adjoint d'autres écrits. Nous avons par exemple jugé indispensable de compléter ce corpus par des textes du groupe grenoblois Pièces et Main d'œuvre (PMO), qui avait refusé de s'exprimer dans le cadre établi par la CNDP, arguant que les débats public organisés par cette commission se résumaient à une manœuvre d'acceptabilité de ces technosciences. L'ajout des textes de PMO à notre corpus nous semblait indispensable car son ombre planait sur ces débats. Le site de la CNDP refermait par exemple des lettres envoyées à PMO après que le déroulement des premiers débats ait été perturbé. Ce groupe avait par ailleurs ouvert un site internet entièrement consacré à l'exégèse des réunions de la CNDP.

Pour exploiter ce corpus, nous avons regroupé les acteurs par catégorie suivant le rôle qu'ils occupaient dans la société (les syndicats d'un côté, les organismes de recherche de l'autre, les regroupements d'industries groupés dans une autre catégorie...). Nous avons alors procédé à une analyse minutieuse des arguments de chacun des acteurs d'une même catégorie. Dans ce qui suit, nous n'exposerons pas les résultats de cette analyse catégorie par catégorie, mais nous donnerons plutôt une vue synthétique des positionnements des acteurs organisée autour des objets de préoccupation qui les mobilisent et les ont poussés à s'engager dans le débat.

## Résultats

Les nanosciences et nanotechnologies rassemblent un ensemble de recherches scientifiques et de développements technologiques hétérogènes. Elles fédèrent aussi par le biais du préfixe nano une diversité de questionnements. Nous avons distingué cinq pôles autour desquels s'organisent selon nous les prises de positions des acteurs. Ces pôles que nous avons fait émerger sont:

- Les questions sanitaires et environnementales suscitées par l'utilisation des nanoparticules et nanomatériaux
- Les questions ouvertes par les nouvelles perspectives pour la médecine et les questionnements sur l'homme et le vivant
- La possible mise en danger des libertés individuelles par la prolifération de dispositifs communicants miniaturisés
- Les rapports entre développements technoscientifiques et démocratie
- Les interactions entre enjeux économiques et sociaux et les développements technoscientifiques

---

<sup>7</sup> pour reprendre l'expression de Bruno Latour

### *Les questions sanitaires et environnementales*

Un premier volet d'interrogations porte sur la dangerosité des nanoparticules et des nanomatériaux. Nombreux sont les acteurs qui s'en inquiètent (Associations s'intéressant à l'environnement, industries, agences d'expertises, syndicats, associations de consommateurs...). Plusieurs acteurs de l'expertise ont d'ailleurs mené et continuent d'effectuer des études pour évaluer leur toxicité (IReSP, INRS, AFSSET, AFSSA), leur écotoxicité (INERIS), mais aussi les risques d'explosion (INERIS). Toutefois, peu de connaissances sont actuellement disponibles et beaucoup de difficultés se dressent pour évaluer la dangerosité des nanoparticules et nanomatériaux. En effet, il semblerait que beaucoup de caractéristiques d'un nanomatériau pourraient influencer sur sa capacité à réagir avec un milieu et donc sur sa dangerosité (INRS, IReSP, INERIS). Or, les études réalisées ne précisent pas toujours toutes les caractéristiques des nano-objets utilisés. Par conséquent, les résultats parfois contradictoires obtenus sont difficilement comparables. De plus les protocoles expérimentaux modélisent mal les modes d'exposition réels aux différents nanomatériaux qui peuvent être divers (voie digestive, cutanée, respiratoire).

Tous les acteurs travaillant à évaluer la toxicité potentielle des nanomatériaux se montrent donc extrêmement prudents. Par ailleurs, des problèmes de métrologie se posent pour pouvoir mesurer l'exposition des travailleurs. Cela constitue notamment un obstacle à la poursuite d'études épidémiologiques (INRS).

Ces études menées par ces acteurs de l'expertise sont largement citées par divers syndicats ou associations de consommateurs (syndicats : FO, CFTC..., associations de consommateurs : Indecosa-CGT, Afoc, Familles Rurales...), même si dans certains cas leurs résultats sont simplifiés. Leurs interrogations sur les risques des nanomatériaux sont souvent mises en perspective par la référence à de précédentes crises sanitaires, en particulier à celle de l'amiante (FO, CFTC...). Ils soulèvent aussi des questions sur la régulation du développement des nanoparticules et des nanomatériaux ; ils s'interrogent sur l'éventualité et les conditions d'une commercialisation de certains produits intégrant des nanomatériaux, sur la protection des travailleurs y compris de ceux qui s'occupe de la collecte des déchets (ORDIMIP), et demandent que soit mise en place une réglementation adaptée.

De leur côté, les industriels déclarent prendre en compte ces incertitudes sur les risques. Ainsi, s'ils plaident pour que les nanosciences et les nanotechnologies continuent d'être développées, ils assurent qu'ils font preuve de responsabilité et qu'ils mettent tout en œuvre pour protéger travailleurs et consommateurs (UIC, FEBEA, ANIA...). Des associations (Sciences Citoyennes, Vivagora) élèvent toutefois des doutes sur l'irréprochabilité de la conduite de certaines industries qui se montreraient notamment parfois réticentes à participer aux débats.

### *Les questions ouvertes par les perspectives pour la médecine et les manipulations du vivant*

Parmi les perspectives présentées comme enthousiasmantes des développements nanosciences et des nanotechnologies, on retrouve souvent citées les applications à la médecine, la création de nouveaux outils de diagnostic, l'espoir de nouveaux traitements (CNRS CEA, INSERM, MEDEF, LEEM ...). Les conséquences de ces développements sont cependant rarement discutées hormis par quelques acteurs comme l'académie de médecine qui se questionne par exemple sur le problème éthique de savoir s'il est bon ou mauvais d'informer les patients de « leurs propres caractéristiques biologiques ». Quels effets sur la santé ou la vie d'un individu pourraient avoir l'exposition d'un diagnostic de maladies que lui ou sa descendance pourraient développer à très long terme? L'académie de médecine mentionne aussi les risques de divulgation de ces informations à l'Etat ou au reste de la société. De plus, cette académie mentionne les risques d'eugénisme que pourraient entraîner ces développements, tout en soulignant que cette menace n'est pas née avec les nanosciences

et les nanotechnologies.

D'ailleurs, d'autres acteurs, plus nombreux, s'interrogent sur les développements futurs de nano-implants qui pourraient peut-être un jour être utilisés pour soigner les maladies et les infirmités voire améliorer les performances humaines (Les Verts, Les Amis de la Terre, Vivagora, Indecosa, CES Bretagne,...). Les positionnements sur cette question sont divers. Si tous les acteurs qui s'en saisissent prônent une réflexion d'ordre philosophique sur le vivant, l'homme, les distinctions entre nature et artifice, les positionnements diffèrent. Deux positions extrêmes sont d'un côté celle d'acteurs comme PMO ou les Amis de la Terre s'opposant catégoriquement à de telles évolutions par crainte de voir prospérer une nouvelle forme d'eugénisme, de l'autre celle des Transhumanistes qui souhaitent que la recherche œuvre à l'amélioration des capacités de l'être humain et à très long terme se déclarent favorables à l'avènement d'une post-humanité. Ces derniers exhortent alors la société à s'interroger sur la liberté qu'elle laisse aux individus de disposer de leur corps.

#### *La question de la mise en danger des libertés individuelles*

La liberté de recourir à certains usages des nanotechnologies est aussi pointée par la CNIL comme potentiellement préjudiciable pour les libertés individuelles. En effet, l'essor de la nanoélectronique permet une réduction de la taille des dispositifs communicants et un accroissement des capacités de traitement de l'information. A l'heure actuelle, déjà, des dispositifs d'identification à distance existent, comme les RFID (Radio Frequency Identification Devices). Aussi, la CNIL, relayée par de nombreux acteurs (CESE, CES Bretagne, Indecosa-CGT,...) s'interroge sur le développement et la multiplication de mouchards communicants, toujours plus économes en énergie, qui seraient capables de scruter et de rapporter chacun de nos gestes à notre insu. La CNIL se demande alors : « Peut-on être libres dans une société d'hyper traçabilité ? ». Elle s'alarme d'un potentiel formatage des comportements sur une norme sociale de la part d'individus qui se sauraient perpétuellement sur écoute. Beaucoup d'acteurs demandent que les pouvoirs et les moyens de la CNIL soient renforcés (CESE, CGT-Indecosa, CNIL, Collectif Forum Mondial Sciences et Démocratie, Les Verts...). La CNIL, elle, demande que la sécurité des systèmes soit pensée dès leur conception, que l'on s'interroge sur la façon d'assurer « le silence des nanopuces », ou encore sur la manière d'assurer un droit à l'oubli.

Si plusieurs acteurs s'interrogent (parfois succinctement) sur les risques pour libertés individuelles du fait en partie de l'essor de la nanoélectronique, le syndicat de la micro et de la nanoélectronique (Sitelesc) n'en touche toutefois pas mot dans son cahier d'acteur. D'autres acteurs, comme l'association Science et Démocratie, considèrent de leur côté que cette question ne relève pas des nanosciences et des nanotechnologies.

Enfin, alors que les trois séries de questionnements que nous venons de présenter portent sur les objets issus des nanosciences et des nanotechnologies eux-mêmes, les deux derniers pôles de débat concernent des interrogations sur la manière dont les nanotechnologies peuvent exister dans une démocratie et sur les interactions qui existent entre technosciences et enjeux économiques et sociaux. Ces deux dernières dimensions nous paraissent d'une nature un peu différente de celle des trois premiers pôles de préoccupation que nous venons de présenter, en ce sens qu'elles constituent parfois un prisme au travers duquel des acteurs considèrent les trois premières dimensions (les questions sanitaires et environnementales, les préoccupations relatives aux interventions, les interrogations sur la menace pour les libertés individuelles).

#### *Les rapports entre développements technoscientifiques et démocratie.*

Les aspects politiques de la gestion de ces développements ne sont pas limités aux

questions de réglementations... Des acteurs en effet s'interrogent en effet sur les rapports entre nanotechnologies et démocratie. Beaucoup déplorent la faible, voire selon certains acteurs l'absence de réelle mise en débat des orientations scientifiques et technologiques en France sur les nanosciences et les nanotechnologies. Ces interrogations sont essentiellement portées par les associations et collectifs citoyens (CENG, Vivagora, Sciences Citoyennes, Forum Mondial Sciences et Démocratie, PMO...) mais aussi par les Verts ou dans une moindre mesure par l'association de consommateurs CLCV.

Ces acteurs critiquent avec plus ou moins de virulence la domination de quelques acteurs : industriels, experts ou scientifiques et ce qu'ils regardent comme une collusion entre le scientifique et le politique, une monopolisation des prises de décisions, sans y associer les citoyens. Des critiques sévères sont adressées aux débats déjà organisés (Vivagora, CENG, PMO, collectif Forum mondial Sciences et démocraties) qui se multiplieraient sans jamais influencer sur les orientations politiques retenues dans l'opacité par une petite « technocratie<sup>8</sup> ».

En particulier certains acteurs (PMO, Sciences Citoyennes, SEPANSO, les Amis de la Terre) mettent en accusation les débats organisés par la CNDP qui selon eux arriveraient alors que les décisions seraient déjà prises et ferait passer les nanotechnologies comme l'unique solution inévitable, sans permettre aux citoyens d'examiner la problématique du développement des nanosciences et des nanotechnologies dans sa globalité, d'explorer les alternatives ou de se poser la question si ces technologies apportent réellement quelque chose à la société. PMO considère même ce cycle de discussions comme une « manœuvre d'acceptabilité » et Sciences Citoyennes comme une « opération de communication orientée vers la promotion des nanotechnologies ». Ces positions très argumentées sur le débat organisé par la CNDP contrastent avec les déclarations de certains syndicats, comme l'UNSA ou la CFDT qui se félicitent de la tenue de ce débat public sans le critiquer.

Enfin, si les critiques portées aux débats publics tels qu'ils sont été orchestrés par CNDP sont sévères, certains acteurs demandent à ce que soit développées une culture du débat et des procédures permettant aux citoyens de participer réellement aux choix scientifiques et technologiques (CENG, Vivagora, Sciences Citoyennes, Sciences et Démocratie).

### *Les interactions entre enjeux économiques et sociaux et développements technoscientifiques*

Enfin un dernier objet de préoccupation concerne les interactions entre enjeux économiques et sociaux et développements technoscientifiques. Sur cette question, les positionnements sont « polarisés » autour de deux pôles.

D'un côté de nombreux acteurs (LEEM, UIC, CFE-CGC, UNSA, MEDEF, CES de Rhône-Alpes, de Franche-Comté...) considèrent que les nanosciences et les nanotechnologies sont une occasion à ne pas rater pour « développer la compétitivité de la France, l'attractivité des territoires. Ils mettent en avant les chiffres des prévisions d'emploi que ces technosciences seraient sur le point de générer. Certains de ces acteurs soulèvent l'idée d'une adaptation des législations sur la propriété intellectuelle pour permettre à la France de rester dans la course.

A l'encontre de ces positionnements enthousiasmés par les perspectives économiques qu'ouvriraient les nanos, d'autres acteurs dénoncent le modèle économique (Les Amis de la Terre, Collectif Forum Mondial Sciences et Démocratie) ou « l'idéologie productiviste » (Les Verts) sur lesquels reposeraient ces développements. De plus, certains acteurs redoutent une privatisation systématique de la matière inerte mais aussi du vivant (CLCV, Les Amis de la Terre, Collectif Forum Mondial Sciences et Démocratie). Ils questionnent donc le cadre actuel de développement des connaissances et remettent eux aussi en cause les législations et les pratiques en matière de propriété intellectuelle.

---

<sup>8</sup> PMO parle aussi de « technogratin ».

## **Discussion et conclusion**

Cette cartographie des controverses a été effectuée à partir des cahiers d'acteurs de la CNDP. Elle offre une lecture des positionnements et des arguments avancés par des groupes structurés s'exprimant à un moment donné dans le débat français sur les nanosciences et les nanotechnologies et ne permet donc pas vraiment de mettre en perspective la dynamique de la controverse.

Toutefois ce travail met en évidence selon nous que les nanosciences et les nanotechnologies sont des objets permettant de questionner de façon large et profonde les technosciences, leur place, leurs intérêts ou leurs dangers dans une société démocratique. Elles ouvrent simultanément plusieurs fronts de questionnements. C'est peut-être d'ailleurs aussi l'une des caractéristiques de ce préfixe « nano », celle de faire « converger » les interrogations.

Sur le plan éducatif cela pose plusieurs questions. Étant donné la vivacité des débats entourant les développements des nanosciences et les nanotechnologies, les introduire dans l'enseignement scolaire n'est pas neutre. Comment aborder les nanosciences et des nanotechnologies sans réduire la complexité et la charge de questionnement que le préfixe nano porte ? Peut-on examiner un de ces objets de controverse de manière autonome en le coupant du reste des interrogations sur les nanosciences et les nanotechnologies ? Comment traiter des nanosciences et des nanotechnologies sans en donner un traitement orienté ? Il nous semble que, si l'intérêt de les introduire dans l'enceinte de l'école est de fournir des outils aux citoyens pour comprendre les débats qui secouent une société empreinte de technosciences, on ne peut faire l'économie d'aborder les multiples questionnements posés par les « nanos » en société. Une solution pourrait consister à les aborder en classe avec un regard analogue à celui que porterait un sociologue des sciences et pourquoi pas à engager des élèves de lycée dans une activité de description de controverses.