

## L'APPORT DE VYGOTSKI À L'ANALYSE DE DÉBATS SUR UNE QUESTION SOCIALEMENT VIVE (QSV) RELATIVE AUX NANOTECHNOLOGIES

**Nathalie Panissal, Univ. Toulouse II, IUFM Midi-Pyrénées ; UMR EFTS, Univ. de Toulouse, ENFA, GRIDIFE ; nathalie.panissal@univ-tlse2.fr**

**Emmanuelle Brossais, Univ. Toulouse II, IUFM Midi-Pyrénées ; UMR EFTS, Univ. de Toulouse, ENFA, GRIDIFE ; emmanuelle.brossais@univ-tlse2.fr**

**Mots clés :** nanotechnologies, questions socio-éthiques, question socialement vive, débat, enseignement secondaire

**Résumé :** Dans le cadre de la didactique des Questions Socialement Vives, nous examinons les savoirs appris par des lycéens (terminale S) concernant les controverses liées aux nanotechnologies. Les élèves abordent les thèmes du bénéfice pour tous et du contrôle des nanotechnologies au moyen de discours cumulatifs. Dans une perspective vygotkienne, nous montrons la mobilisation dans un débat d'instruments psychologiques (analogies, reformulations) qui permettent de co-construire des savoirs liés aux questions socio-éthiques : augmentation du corps humain et toxicité. L'existence de discours exploratoires et la combinaison des discours cumulatifs et exploratoires fonde cette co-construction dans les échanges dialogiques. Nous concluons sur l'intérêt du débat, en tant que construction sociale du savoir, pour enseigner les risques et promesses des nanotechnologies au sein d'une éducation citoyenne aux nanotechnologies. Nous montrons la pertinence du cadre théorique vygotkien pour l'analyse de débats sur des QSV.

### I. INTRODUCTION

Le recours aux débats est un outil de formation pour l'enseignement des SSI (socio-scientific issues). En France, une variante des SSI (Sadler, 2009) est abordée sous les termes de Questions Socialement Vives (QSV) qui font à la fois l'objet de débats relatifs aux savoirs savants de référence dans la sphère scientifique, sociale et médiatique, et

dans la sphère scolaire lors de leur enseignement (Legardez et Simmoneaux, 2006 ; Simonneaux et Legardez, 2011). Les QSV interrogent les pratiques sociales et sont le reflet des représentations sociales et de systèmes de valeurs dont il est important de débattre : elles présentent ainsi un potentiel de débat dans la classe. Les QSV ont en commun avec les SSI d'être des questions ouvertes mettant en jeu des problèmes mal structurés, elles sont complexes

et soulèvent des incertitudes et englobent des savoirs issus des humanités et des sciences. Enseigner les QSV contribue à l'alphabétisation scientifique incluant une analyse des risques, une analyse des discours politiques et de la gouvernance économique. Les nanotechnologies s'étendent à des champs d'application nombreux et variés : automobile, bâtiment, textile, cosmétique, agroalimentaire, médical. Dans le cadre de leur développement, des enjeux économiques, sanitaires et environnementaux, éthiques et sociaux émergent (Lewenstein, 2005 ; Bensaude-Vincent, 2009 ; Benoit Browayes, Detcheverry, Lebre, 2010). Les nanotechnologies sont porteuses de nombreuses QSV pour lesquelles il n'y a pas une seule solution valide et rationnelle. Elles touchent notamment la question de la condition humaine, de la dignité et de la liberté de l'homme, le sens du progrès scientifique dans le champ médical. Nous présentons une innovation pédagogique d'éducation citoyenne aux nanotechnologies au lycée. L'objectif de cette innovation (Panissal, Brossais, Vieu, 2010) est de permettre aux élèves d'être alphabétisés sur le plan technoscientifique et de contribuer à l'éducation à la citoyenneté. Dans cette communication, nous nous situons dans le cadre de la didactique des SSI portant sur l'analyse de l'argumentation socio-scientifique des élèves, c'est-à-dire la façon dont ils construisent, justifient leurs opinions et conclusions relatives à une question socio-scientifique. Nous considérons que les interactions sociales entre pairs jouent un rôle important dans la construction de la pensée (Vygotski, 1985) : elles permettent le développement du raisonnement individuel. La dimension dialogique de l'activité verbale des thèses vygostkiennes nous invitent à discu-

ter du débat entre élèves considéré comme propice à la mise en œuvre d'instruments psychologiques (o.c.) favorisant la construction de questions sociales et éthiques (SEI : Social Ethical Issues) des nanotechnologies dans le monde contemporain et plus largement l'élaboration des rapports que science et société entretiennent.

## **2. ANALYSE A PRIORI DES SAVOIRS À ENSEIGNER : LES CONTROVERSES ASSOCIÉES AUX NANOTECHNOLOGIES**

Dans ce contexte d'enthousiasme provoqué par les nanotechnologies, des questions socio-éthiques (SEI) ont émergé dans la société civile (Benoit Browayes, Colin Detcheverry et Lebre, 2010) et dans le champ de la philosophie des sciences (Lewenstein, 2005, Sandler, 2009, Bensaude-Vincent, 2009).

Lewenstein (2005) recense de nombreux rapports sur les questions socio-éthiques liées aux nanotechnologies et en produit une catégorisation. Il recense ainsi les questions environnementales (toxicité, ressources, pollution) ; les questions de marchés de travail, les questions d'éducation (introduction de l'interdisciplinarité dans les curricula, formation des étudiants...), les questions de vie privée (bases de données d'individus, contrôle d'accès aux données privées) ; les questions de politique nationale et internationale (pays développés et pays émergents) ; les questions de propriété intellectuelle et enfin la question de l'augmentation de l'homme (naturel/artificiel, définition de l'homme «normal»). En France, les enjeux éthiques et sociaux sont structurés autour

de quatre préoccupations : (1) «comment assumer les nanomatériaux produits ?» renvoie aux questions de toxicité et de contrôle ; (2) «le nanomonde et son électronique ubiquitaire sont-ils souhaitables ?» touche aux potentielles atteintes aux libertés individuelles ; (3) «quelles sont les finalités des nanotechnologies ?» témoignent des dérives possibles en termes d'artificialisation de la nature et de l'augmentation de l'être humain ; et (4) «qui aura accès aux bénéfiques ou sera exposé aux risques des nanotechnologies ?» portent sur les enjeux d'équilibre entre Nord et Sud, entre population économiquement favorisée ou non (Benoît Browayes, Colin Detcheverry et Lebret, 2010, p. 17). Bensaude-Vincent (2011) reprend l'inventaire des approches ELSI (Ethical, Legal and Societal Impacts) : (1) Contrôle du risque, coût/bénéfice (2) Vie privée, liberté individuelle, (3) sécurité, (4) Augmentation humaine and (5) Justice sociale. Selon elle, parmi les avantages de cette approche on trouve les alertes sur la santé et la sécurité et la sensibilisation des scientifiques et des politiques. En revanche, elle leur reproche de donner l'illusion de la maîtrise et du contrôle par sa présentation sous forme d'inventaire standard encourageant une attitude managériale. Dans le contexte des recherches ELSI, de nombreux comités d'éthique ont vu le jour (COMETS<sup>32</sup>, CCNE<sup>33</sup>, UNESCO). Des initiatives publiques d'engagement se sont développées : conférences de citoyens, débats, débats publics du CNDP en France en 2009, de nombreuses publications et des sites d'informations tels Vivagora<sup>34</sup>, AVICENN<sup>35</sup>, ACEN<sup>36</sup>, Nanotechnology Citizen Engagement Organization<sup>37</sup>.

Les modes d'exploration des controverses pour les citoyens sont d'une part les sites d'informations

dédiées aux nanotechnologies (cf. ci-dessus) ou la Direction Générale de la Santé et des Consommateurs de la Commission européenne<sup>38</sup> et d'autre part la participation à des ateliers citoyens comme ceux organisés dans le projet XENOP<sup>39</sup>.

Dans cette communication, nous souhaitons rendre compte d'une manière dont les controverses liées aux nanotechnologies selon un mode collectif de construction sont transposées au lycée pour un enseignement comprenant les nouvelles interactions sciencesociété dans une société post-moderne du risque (Beck, 2001).

### **3. LE RÔLE DES INTERACTIONS SOCIALES DANS L'EXPLORATION DES CONTROVERSES LIÉES AUX NANOTECHNOLOGIES**

Nous nous inscrivons dans une perspective vygotkienne de co-construction des savoirs entre personnes, soit une construction sociale de la pensée. Si Vygotski reconnaît l'importance de l'aide d'autrui, l'accent est mis concomitamment sur l'activité du sujet qui s'approprie ces connaissances et les fait devenir siennes (Vygotski, 1985). Le développement artificiel ou culturel vient relayer un premier développement considéré comme plus naturel au sens où celui-ci n'est pas encore instrumenté par les outils de la culture. Sous l'acception culturelle, le développement consiste en l'appropriation des outils initialement excentrés dans leurs usages. Le développement est alors considéré comme acculturation ou construction progressive d'un système complexe de fonctions psychiques qui ne se réalisent que dans des pratiques de communication et de coopération sociale. Parmi

les instruments psychologiques, notons « le langage, les diverses formes de comptage et de calcul, les moyens mnémotechniques, les symboles algébriques, les œuvres d'art, l'écriture, les schémas, les diagrammes, les cartes, les plans, tous les signes possibles, etc. » (Vygotski, 1985, 38). Nous nous interrogeons sur la pertinence du cadre théorique vygotkien pour l'analyse de débats sur des QSV au travers des questions de recherche : Quels savoirs relevant des controverses associées aux nanotechnologies les élèves mettent-ils en jeu dans les échanges dialogiques ? Les élèves co-construisent-ils ces savoirs ?

#### **4. MÉTHODE**

##### **4.1. Contexte : déroulement de l'expérimentation**

L'ingénierie d'enseignement vise le développement d'une culture scientifique à des fins citoyennes soit une mise en perspective critique des avancées scientifico-technologiques en nanotechnologies. Cette innovation didactique comprend des cours sur des savoirs liés aux nanotechnologies, une pratique expérimentale en laboratoire et une formation aux débats entre élèves sur une question socialement vive. Ces trois temps s'articulent pour concourir à la visée principale de cette expérimentation : la compréhension des interactions sciences-sociétés par les élèves spécifiquement dans le domaine des nanotechnologies.

Le fil conducteur retenu pour cet enseignement se rapporte au domaine d'étude des chercheurs du laboratoire partenaire soit l'étude d'un nano-système

pour le diagnostic médical. La manipulation concerne le nanodispositif de biodétection, en cours d'étude au sein du LAAS-CNRS et ayant fait l'objet d'un brevet récent ; elle met en pratique les savoirs sélectionnés pour les cours. Les cours au lycée portent sur les concepts du programme de la terminale scientifique qui sont nécessaires à la conception, fabrication et mesure de ce nanosystème de biodétection. Ce dispositif fonctionne sur une détection optique mettant en jeu la diffraction de la lumière (cours de physique), la fabrication du dispositif est effectuée par nanolithographie douce pour laquelle il faut fabriquer un moule en polymère et fonctionnaliser chimiquement les surfaces du substrat (cours de chimie), la biodétection concerne l'interaction entre un anticorps et un antigène (cours de Sciences de la Vie et de la Terre), la sensibilité de la détection est modélisable (courbe en  $\sin x / x$ ) par l'analyse du signal de diffraction (cours de mathématiques). Les lycéens peuvent décider d'expérimenter particulièrement tel ou tel élément de cette chaîne (nanofabrication, diffraction optique, modélisation ou protocole biologique), la durée d'une journée ne permettant pas de réaliser l'intégralité du procédé. Les lycéens réalisent cette pratique expérimentale au sein du laboratoire de recherche, au contact des chercheurs.

L'objectif du débat est de mobiliser et de confronter des idées, des faits, des informations, en privilégiant l'expression de points de vue différents. Le débat est précédé d'une préparation.

La première phase concerne l'usage par les lycéens d'un dossier documentaire composé d'un assortiment d'extraits choisis d'articles scientifiques, de

documents philosophiques, de rapports éthiques contemporains français et internationaux, d'articles de presse, d'articles d'associations s'opposant aux nanotechnologies. Ce dossier permet d'initier la dévolution de la question afin d'engager les élèves à l'approfondir à partir de recherches personnelles. La deuxième phase concerne un temps de problématisation encadré par des enseignants. En vue de la rencontre avec des spécialistes, les élèves définissent collectivement en demi-classe la question socialement vive, support du débat, qui semble légitime pour l'ensemble des participants relativement aux thèmes du dossier documentaire. Puis chaque groupe de discussion formule des questions pour les spécialistes. Au cours de la troisième phase, chaque demi-classe rencontre deux spécialistes (un philosophe et un généticien) successivement et leur adresse durant une heure les interrogations soulevées grâce au dispositif didactique mis en place (recherche documentaire, stage expérimental). Les spécialistes sont des chercheurs dont les thématiques de recherche portent respectivement sur la génétique et l'éthique des sciences pour l'un et l'éthique des nanotechnologies, pour l'autre.

15 étudiants (âges de 17 à 18 ans) ont pris part au débat durant une séance de cours ordinaire d'ECJS d'une durée d'une heure. La QSV débattue est la suivante : Avons-nous assez de contrôle sur les nanotechnologies pour modifier le corps humain et en a-t-on le droit ? Le professeur d'Histoire-Géographie a animé le débat. Le débat a été enregistré en vidéo et intégralement retranscrit.

4.2. Méthode d'analyse de la co-construction des savoirs par les élèves

Nous utilisons la méthodologie de catégorisation des interactions développée par Mercer (1995) pour l'analyse des interactions linguistiques entre les élèves. Compte tenu des limites identifiées (Golder, 1996) pour le modèle de Toulmin (1958) particulièrement utilisé par les didacticiens des sciences, nous privilégions une approche qui met l'accent sur la dynamique et la dimension dialogique du débat (Brossais, Panissal, 2011).

Les tours de parole sont d'abord classés en fonction des thèmes développés par les élèves (par exemple la toxicité) puis ils sont caractérisés dans la dynamique interactionnelle selon les trois types de discours distingués par Mercer : oppositif, cumulatif et exploratoire.

- Le discours oppositif (DT) est caractérisé par de courts échanges, des affirmations ou des propos opposés. Les relations sont plutôt du registre compétitif, les différentes opinions sont plutôt mises en évidence que résolues, l'orientation générale du discours est défensive.
- Le discours cumulatif (CT) est caractérisé par des répétitions, confirmations et élaborations. Les idées et informations sont partagées, des décisions communes peuvent être élaborées, mais il y a peu de conflit constructif, processus nécessaires à la construction du savoir.
- Les discours exploratoires (ET) sont ceux pendant lesquels des interlocuteurs s'engagent dans une discussion constructive, échangeant leurs idées. Il existe des juxtapositions et différentes alternatives sont envisagées. Par comparaison aux autres

types de discours, le savoir construit et le raisonnement sont plus visibles dans ce type de discours. Les élèves s'opposent mais justifient leurs propos.

## 5. RÉSULTATS : CATÉGORIES DE DISCOURS ET CO-CONSTRUCTION DES CONTROVERSES RELATIVES AUX NANOTECHNOLOGIES

Contrairement à certains travaux analysant le langage des élèves en débat de classe, nous n'observons pas dans nos données de discours oppositifs au sens de Mercer (2000). Nous relevons majoritairement des discours cumulatifs et dans une moindre mesure des discours exploratoires (Voir tableau 1).

### 5.1. Les thèmes émergeant dans le débat et les discours cumulatifs et exploratoires

Les élèves explorent le champ des controverses en juxtaposant les discours. Deux thèmes comportent exclusivement des discours cumulatifs : bénéfiques pour tous et loi-contrôle.

**Tableau 1 : type de discours en fonction des catégories de Mercer 1995**

Thème	Nb de tours de parole	Type de discours		
		DT	CT	ET
Augmentation humaine	25	2	16	7
Toxicité	19	2	9	8
Bénéfiques pour tous	8	0	8	0
Loi-contrôle	6	0	6	0

Tableau 1 : type de discours en fonction des catégories de Mercer 1995

Deux thèmes comportent des discours exploratoires : augmentation humaine et toxicité.

### 5.2. Les discours exploratoires : co-construction du concept d'augmentation humaine

Les discours exploratoires permettent la mise en réseau de ces différentes facettes de la nature humaine dont les fondements mêmes peuvent être remis en question par l'avènement des nanotechnologies : la vectorisation des médicaments, l'artificialisation du vivant, la modification des fonctions. Ils distinguent ce qui relève de la réparation d'une fonction défaillante et ce qui relève de l'ajout de capacité à un être humain : *«le guérir je ne vois pas pourquoi on devrait être contre parce que c'est quand même un but de guérir une personne qui est atteinte de maladie par contre pour la modification du corps humain donc il faut avoir un but pour les nanotechnologies»* (Thierry, 75).

La question de l'introduction dans le corps humain de nanomédicaments et de leur hypothétique effet secondaire à long terme divise les élèves. Certains envisagent exclusivement les avantages des réparations et témoignent de leur confiance dans la faisabilité technologique : *«je pense que guérir les êtres humains grâce aux nanotechnologies la maîtrise on l'a on a les scientifiques et des médecins agiront pour cela»* (Bruno, 56). Des analogies en médecine et chirurgie esthétique étayent l'argumentation : *«le corps humain on le modifie déjà par exemple avec une pile au cœur»* (Nicolas, 85). D'autres font preuve de défiance en montrant les risques de modifications

des fonctions : *«les implants (mammaires) qu'on lui met ça n'a pas d'interactions avec son corps ça modifie juste les apparences alors que là avec les nanotechnologies on peut modifier les fonctions»* (Clémentine, 93). Les interactions sur les implants amènent à des interrogations sur l'artificialisation de l'humain et la nature de l'homme entre un cyborg-soldat et un corps privé de psychisme :

- *«certes on peut modifier des choses pour les handicaps mais on peut faire des soldats qui ont peur de rien»* (José, 26),
- *«on parle de modifier le corps humain y a un truc qui va pas c'est le mot être être humain modifier l'être humain c'est à dire que dans le mot être il y a aussi le psychisme»* (José, 88).

Pour étayer leur argumentation les élèves ont recours à des savoirs assimilés lors des rencontres avec les scientifiques : *«comme disait le chercheur l'autre jour quand on saura créer une cellule de toute part...»* (Serge, 28).

La mise en réseau des propriétés de la nature humaine à travers les discours exploratoires permet la co-construction de la possible remise en question de la nature humaine par les nanotechnologies. Cependant, cette construction commune laisse les élèves aux portes des dérives transhumanistes qu'ils ne franchissent pas.

### **5.3. Articulation des discours cumulatifs et exploratoires : co-construction du concept de toxicité**

Les discours cumulatifs mettent en exergue différentes facettes de la toxicité liée aux nanotechnolo-

gies comme les effets néfastes encore inconnus, en particulier sur la santé, le besoin de protéger l'être humain, la pollution, la nocivité : *«je suis d'accord avec ce que dit Pénélope on n'a pas d'études à long terme sur les nanos les nanotubes on sait tous que c'est un peu comme l'amiante on sait pas ce que ça va faire sur le corps humain»* (Tom, 43).

Les discours exploratoires permettent la mise en réseau de ces différentes facettes de la toxicité des nanotechnologies : *«les produits qui utilisent des nanoparticules on a remarqué des effets néfastes notamment sur les poumons sur le cerveau et que si l'on met directement les nanoparticules dans le corps quel effet ça va avoir quoi»* (Caroline, 71). Cette coconstruction du concept de toxicité permet ainsi aux élèves de pointer la faiblesse des recherches dans le domaine de la toxicité : *«il faut que l'on fasse de la recherche pour éviter les effets néfastes dont tu parles»* (Serge, 73). Alors que la question du franchissement des barrières hémato-encéphaliques par les nanoparticules est explorée, deux groupes d'élèves entrent en opposition, l'un pointe les dangers des nanotechnologies et l'autre les relativise. Cette mise en tension permet de voir se dessiner une dialectique :

- *«ce que je veux dire c'est que l'on n'est pas capable de protéger l'être humain»* (Bruno, 65)
- *«moi je pense qu'il ne faut pas être parano par rapport aux nanotechnologies c'est quand même des molécules que l'on respire tout les jours, des molécules, des bactéries et tout ça qui ne sont pas qui ne sont pas forcément très néfastes, ce n'est pas parce que l'on va modifier le corps humain qu'il va y avoir de suite des trucs qui vont aller partout qui vont nous tuer quoi»* (Pénélope, 108).

Cette relativisation des dangers est alimentée dans le groupe par divers arguments. Les nanoparticules existent à l'état naturel ; la capacité d'autoréplication des nanorobots et leur émancipation du contrôle humain dans le roman de Drexler<sup>40</sup> sont moquées : *«il n'est pas question pour l'instant de faire des particules autorépliquantes»* (Olivier, 111). En réponse à cette relativisation se développent des arguments relatifs à une mise en garde face aux dangers que peuvent représenter les implants nanométriques compte tenu de l'adaptabilité du vivant : *«en biologie on a vu que la vie elle s'adapte toujours est-ce que la nanotechnologie ne pourrait pas s'adapter et créer des trucs encore plus dangereux»* (José, 113). L'argumentation se poursuit par l'analogie avec le virus du sida : *«regarde le virus du sida par exemple il s'adapte à n'importe quelle situation si l'on développe encore la nanotechnologie dans 300 ans qu'est ce qu'ils vont faire ?»* (José, 125).

Nous voyons que la mise en réseau des caractéristiques liées au concept de toxicité permet aux élèves de constituer un système autour de ce réseau, nourries par le recours à des analogies. Cette co-construction du concept les amène à mettre en évidence la faiblesse des recherches toxicologiques et les effets sanitaires des nanoparticules du fait de leur petite taille et de leur capacité à interagir avec le vivant.

Nous entendons par construction d'un concept le fait de catégoriser des objets, opération pour laquelle l'élève doit construire les propriétés essentielles du concept en question (ses attributs), pour le spécifier et établir les relations entre elles (Britt-

Mari Barth, 1993). Les concepts sont des représentations qui s'agencent peu à peu en système. La co-construction entre élèves porte sur les concepts de toxicité et d'augmentation humaine. En revanche, le contrôle des nanotechnologies et leur bénéfice pour tous ne relève pas de la construction de concepts du fait d'une simple juxtaposition des énoncés sans mise en réseau. Cependant, pour ces quatre thématiques, nous pouvons affirmer que les élèves identifient et explorent des controverses associées aux nanotechnologies.

Comme Mercer (1995), nous montrons que les discours cumulatifs soutiennent l'apport d'information sur les controverses mais contribue également à la communauté discursive grâce aux reformulations, et aux confirmations. En revanche, les discours exploratoires constitués de d'oppositions, de points de vues alternatifs, d'analogies, de recherche d'accords sont au service de la co-construction de concepts.

Les élèves mobilisent dans ce débat des instruments psychologiques (analogies, reformulations) qui leur permettent de co-construire les concepts de toxicité et d'augmentation humaine qui relèvent de questions socio-éthiques. Les discours exploratoires et l'association de discours cumulatifs et exploratoires fonde cette co-construction dans les échanges dialogiques. Si pour Vygostki (1985), une des fonctions du langage est de permettre aux apprenants d'organiser leur propre pensée et de donner du sens aux mots, pour Mercer (1995), le langage peut faciliter l'apprentissage lorsqu'il prend la forme de discours exploratoires. Les auxiliaires extérieurs créés par la culture (outils, appareils,



technologies) soutiennent le développement des processus psychologiques. Langage et pensée interagissent et donnent jour à des fonctions nouvelles. Mettre à disposition des élèves des outils créés par la culture comme le débat permet de proposer des espaces de restructuration des fonctions mentales. En assimilant l'outil culturel, ils se forment en tant que citoyens à la pratique du débat dans la vie démocratique, et ils acquièrent de nouveaux savoirs sur les controverses. En effet, au-delà du pour ou contre les nanotechnologies, les élèves explorent des espaces de discussion et font ainsi l'exercice de la démocratie, dans la logique de la convention d'Aarhus (1998), qui a pour objet de garantir «les droits d'accès à l'information sur l'environnement, de participation du public au processus décisionnel et d'accès à la justice en matière d'environnement».

## 6. CONCLUSION

Dans une perspective vygotkienne de co-construction sociale de la pensée, nos résultats font apparaître que les élèves élaborent des savoirs relatifs aux interactions science-société plus particulièrement les interactions nanotechnologies-société. Le débat entre pairs dans ce dispositif d'enseignement, en tant que construction sociale du savoir, joue ainsi son rôle heuristique et exploratoire. Ainsi, nos résultats confirment que le débat sur une question socialement vive (QSV) est un outil pertinent pour sensibiliser les étudiants aux questions éthiques et sociales liées aux nanotechnologies. Il permet également de les préparer à leur rôle de citoyen et de s'interroger sur un développement raisonnable et responsable des nanotechnologies (Sandler, 2009).

Une des missions de l'école est d'offrir des espaces de débats, outils culturels, dont l'appropriation est un enjeu pour le développement de la pensée de l'élève et pour la compréhension du monde contemporain marqué par les technosciences et les interrogations qu'elles soulèvent.

## Notes

<sup>32</sup> Comité d'Éthique du Centre National de la Recherche Scientifique en France.

<sup>32</sup> CCNE : Comité consultatif National d'Éthique.

<sup>34</sup> Association produisant de l'information et des procédures de concertation sur les développements scientifiques et techniques <http://www.vivagora.fr/>

<sup>35</sup> Association de Veille et d'Information Civique sur les Enjeux des Nanosciences et des Nanotechnologies <http://avicenn.fr/wakka.php?wiki=PagePrincipale>.

<sup>36</sup> Alliance citoyenne sur les enjeux des nanotechnologies. <http://nano.acen-cacen.org/Accueil>.

<sup>37</sup> <http://www.nanoceo.net/>

<sup>38</sup> <http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/index.htm> et en français <http://copublications.greenfacts.org/fr/nanotechnologies/liens/index.htm>.

<sup>39</sup> Le Projet XENOP est une recherche-action menée par Vivagora en partenariat avec le cabinet Mutadis. Soutenu par la Direction Générale de la Santé, il vise à approfondir l'expérimentation, amorcée par le Nanoforum, de nouvelles formes d'interactions entre les parties prenantes qui soutiennent la société civile dans sa recherche d'informations et de montée en compétence.

<sup>40</sup> K. E Drexler, (1986) Engines of creation, The Coming Era of nanotechnologies. Anchor Books.

## BIBLIOGRAPHIE

Barth, B-M. (1993). La détermination et l'apprentissage des concepts. In J. Houssaye (Dir.), La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui (pp.275-288). Paris : ESF.

Beck, U. (2001). *La société du risque, sur la voie d'une autre modernité*. Paris : Flammarion.

Benoit Browayes, D., Colin Detcheverry, M., Le-bret, M-C. (2010). *Etat des lieux du secteur des nanotechnologies*. Agence Française de Développement, rapport [http://www.vivagora.org/IMG/pdf/EtatLieux\\_etudenano\\_AFD\\_1\\_.pdf](http://www.vivagora.org/IMG/pdf/EtatLieux_etudenano_AFD_1_.pdf) consulté le 8 juillet 2011.

Bensaude-Vincent, B. (2009). *Les vertiges de la technoscience*. Paris, France : Editions La Découverte.

Bensaude-Vincent, B. (2011). Nanotechnologies, innovation-responsable et performance : oxymore ou réalité. Conférence ESSEC 20 janvier. Accessible à l'adresse <<http://www.essec.fr/essec-tv/detail-dune-actualite-essec-tv/article/janvier-2011-les-matins-de-linnovation-linnovation-sociale-au-service-des-populations-pauv-1.html>>, consulté novembre 2011.

Brossais, E. Panissal, N. (2011). Le débat argumenté au lycée : échanges dialogiques sur des controverses socioscientifiques. *5<sup>ème</sup> Séminaire International «Vygotski et l'école»*. Bordeaux, 19-21 octobre 2011.

Golder, C. (1996). *Le développement des discours argumentatifs*. Paris : Delachaux et Niestlé.

Legardez, A. & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité*. Issy-les-Moulineaux, France : ESF

Leweinstein, B. V. (2005). What counts as a 'social and ethical issue' in nanotechnology ? Hyle: *International Journal for Philosophy of Chemistry*, 11, 5-18.

Mercer, N. (1995). *The Guided Construction of Knowledge. Talk amongst teachers and Learners*. Philadelphia, PA, USA: Multilingual Matters LTD.

Panissal, N., Brossais, E., Vieu, C. (2010). Les nanotechnologies au lycée, une ingénierie d'éducation citoyenne des sciences : compte-rendu d'innovation. *Recherches en didactique des sciences et des technologies*, 1, 319-338.

Sadler, T. D. (2009). Socioscientific issues in science education: labels, reasoning, and transfert. *Cultural Studies of Science Education*. 4, 697-703.

Sandler, R. (2009). *Nanotechnology: The Social and Ethical Issues*. Washington, D.C: Woodrow Wilson International Center for Scholars. Retrieved from <http://pdfcast.org/pdf/nanotechnology-the-social-and-ethical-issues>

Simonneaux, L. & Legardez, A. (2011). *Développement durable et autres questions d'actualité. Questions socialement vives dans l'enseignement et la formation*. Dijon : Educagri Éditions.

Toulmin, S. (1958). *The uses of arguments*. Cambridge : Cambridge University Press

Vygotski, L.S. (1985). *Pensée et Langage*. Paris : Éditions Sociales.