

## **Construction de connaissances et prise de position sur une question scientifique socialement vive : faisabilité et acceptabilité de la thérapie génique humaine**

---

**CHOUCHANE habib** ISSEP, Tunis, [chouchane\\_habib@voila.fr](mailto:chouchane_habib@voila.fr)

**SIMONNEAUX laurence** ENFA, Toulouse, [laurence.simonneaux@educagri.fr](mailto:laurence.simonneaux@educagri.fr)

**AZZOUNA atf** ISEFC, Tunis, [azzouna.atf@hexabyte.fr](mailto:azzouna.atf@hexabyte.fr)

Mots-clés : questions socio-scientifiques – thérapie génique – prise de décision – argumentation – formation

### *Résumé*

*Nous avons tenté de cerner les raisons qui fondent les prises de position d'étudiants en formation dans le domaine des biotechnologies à propos de la question incertaine et controversée de la faisabilité et de l'acceptabilité de la thérapie génique humaine. L'état de conceptualisation de certains concepts en rapport avec la thérapie génique et les positions des étudiants ont été recueillis par écrit avant et après la réalisation d'un débat argumenté entrecoupé de phases de « dérangements » épistémologiques. Durant la première phase de discussion les étudiants justifient principalement leurs positions sur la base du dogme de Crick (considéré comme vrai et définitif) et d'idées relatives à leur propre vision de la technologie génétique et de la science d'une façon générale. Des modifications des points de vue, de nouveaux arguments et une construction de connaissances nouvelles ont été notées suite à un travail de remise en cause du dogme de Crick et une mise en œuvre d'une formation en plusieurs étapes liant thérapie génique déjà faite<sup>1</sup> et thérapie génique en train de se faire permettant aux étudiants d'appréhender les limites de l'utilisation de la technologie génétique, les incertitudes qui y sont liées et de réaliser le processus de construction sociale de ces savoirs. Nous présentons aussi dans nos résultats les stratégies mobilisées par les étudiants pour exprimer et justifier leurs positionnement et repositionnement tout au long de la formation suivie.*

### **Cadre théorique et question de recherche**

Plusieurs auteurs ont étudié les procédés de prise de décision sur des questions socio-scientifiques controversées. Ils ont montré que les apprenants appréhendent ces questions en s'appuyant sur une diversité de références.

---

<sup>1</sup> Par analogie aux expressions de Latour (1989) : *science déjà faite* et *science en train de se faire*

Certains auteurs (Fleming, 1986 ; Lock & Miles, 1993 ; Leach et *al.* 1996 ; Simonneaux, 1997, 1999, 2001 ; Tytler et *al.*, 2001 ; Leach & Lewis, 2002) ont questionné l'importance de l'utilisation des savoirs scientifiques dans la prise de décision sur une question socio-scientifique. D'autres travaux (Grace & Ratcliffe, 2002 ; Fenscham, 2002) ont mis l'accent sur le rôle des valeurs. Enfin, pour d'autres auteurs (Aikenhad, 1985 ; Kolsto, 2001 ; Zeidler et *al.*, 2002 ; Bader, 2003, 2004 ; Bell & Lederman, 2003 ; Sadler, 2004, Albe & Simonneaux, 2005) les considérations socio-épistémologiques jouent un rôle important dans les prises de décisions.

Il semble que les prises de position d'individus sur des questions socio-scientifiques controversées ne peuvent se fonder uniquement sur des savoirs technoscientifiques, et que les individus font intervenir leurs valeurs personnelles, des considérations socio-épistémologiques d'où nos questions de recherche : quelle importance prennent les connaissances scientifiques et technologiques et les considérations socio-épistémologiques dans les prises de décision ? Quelles attitudes adoptent les étudiants face à des savoirs incertains et controversés ? Quels types d'arguments utilisent-ils ?

Pour tenir compte des particularités des questions scientifiques socialement vives<sup>2</sup>, nous nous référons à des outils d'analyse diversifiés.

Dans une première étape nous avons utilisé les travaux de Gauthier (2005). L'auteur définit l'argument « *comme l'articulation d'une proposition et de sa ou ses justification(s)* » (p. 132). Argumenter selon cette définition revient à avancer un certain point de vue en l'appuyant par quelques fondements. L'auteur fait une distinction entre argument et opinion. Une opinion est donc une proposition formulée non justifiée. Notre choix des définitions de l'argument et de l'opinion proposées par Gauthier s'explique par leur caractère opératoire. En effet, elles permettent de déterminer l'argumentation dans les productions des étudiants en la différenciant, d'une part d'autres fonctions discursives et, d'autre part de l'expression plus élémentaire d'opinion. Les arguments et les opinions peuvent être localisés dans les productions des étudiants en suivant une procédure en deux étapes résultant naturellement des deux définitions précédentes. Dans la première étape nous allons repérer l'ensemble des propositions exprimées durant les différentes phases du débat, c'est-à-dire qu'on relève toutes les occurrences où un point de vue est mis de l'avant. Dans une deuxième étape, il s'agit de déterminer pour chacune des propositions, si elle est appuyée ou non sur une ou plusieurs justifications. Les ensembles proposition/justification(s) constituent les arguments et les propositions solitaires représentent des opinions.

Dans une deuxième étape, il nous a semblé utile de recourir à la théorie de l'agir communicationnel d'Habermas (1987). En se situant entre éthique, sociologie et linguistique, cette théorie nous a permis d'exploiter les échanges langagiers des étudiants pour identifier les différents types d'arguments mobilisés par les étudiants durant les différentes phases de débat.

Enfin, pour décrire la manière dont sont construites, dans le discours, les attitudes des étudiants à l'égard de la technologie génétique utilisée en thérapie génique nous nous référons à la catégorisation des domaines modaux de Galatanu (2002) pour analyser les modalisateurs qui sont des marques linguistiques par lesquelles le sujet de l'énonciation exprime sa plus au moins grande adhésion au contenu de l'énoncé. Cette catégorisation s'organise en domaines modaux : les domaines aléthique, déontique, éthique, épistémique, affectif, volitif, désidératif et intellectuel.

---

<sup>2</sup> Pour plus de précision nous renvoyons le lecteur à la définition des questions scientifiques socialement vives proposée par Legardez & Simonneaux (2006)

## **Quel est l'impact respectif des débats et des « dérangements » épistémologiques dans l'évolution des connaissances, des prises de position et des argumentations des étudiants ?**

Plusieurs études se sont intéressées aux conceptions des apprenants à l'égard des sciences (Driver et al, 1996 ; Larochelle & Désautels, 2001 ; Bader, 2004, 2005). Ces études ont remarqué la dominance d'une conception empiriste. Les apprenants, disait Bader (2004) « *tendraient à attribuer une sorte « d'immunité idéologique » aux sciences [...] à leurs yeux, celles-ci étaient produites en dehors des sphères habituelles de la société par des individus dotés de qualités hors du commun* » (p. 5). Cette *immunité idéologique* empêche les apprenants d'envisager que des considérations sociales, économiques, politiques et éthiques peuvent orienter la recherche. Les apprenants ne reconnaissent pas les débats et les désaccords entre les scientifiques. Sur le plan épistémologique cette conception empiriste qualifiée d'une *mystique des sciences* selon Lemke (1993) représente un obstacle à l'appréhension par les apprenants de l'incertitude, de l'indétermination et des controverses qui sous-tendent inévitablement la production des sciences. Ces éléments sont importants pour favoriser l'identification des critères qui étayent une prise de position notamment lorsque les sciences sont rattachées à des questions scientifiques socialement vives. Nous nous rallions aux auteurs qui reconnaissent la pertinence de renouveler cette vision des sciences (Lee et Roth, 2003 ; Roth et Désautels, 2002 ; Bader 2004). Ce renouvellement pourrait passer par l'intégration de considérations d'épistémologie et par un regard plus sociologique sur les sciences. Les travaux de sociologues des sciences (Latour, 1989 ; Latour & Woolgar, 1996 ; Mondada, 2005) représentent pour nous une voie intéressante pour renouveler la vision des sciences chez les apprenants, car discuter en classe ce que peuvent être les sciences *en action* permettrait d'identifier des critères pour étayer une prise de décision raisonnée.

Des débats argumentés à propos d'une technoscience controversée constituent selon nous une occasion de questionner la construction des sciences, d'interroger les désaccords de la communauté scientifique et de considérer l'incertitude de savoirs non stabilisés. Pour appréhender la science en action nous avons préparé une formation (des séances d'enseignement) durant laquelle les étudiants ont discuté à propos des essais de thérapie génique déjà faits et des essais de thérapie génique en train de se faire. Cette formation représente selon nous une opportunité didactique pour « réanimer » et « réagiter » les visions de la science chez les étudiants. On espère faire appréhender que l'activité scientifique est moins linéaire, moins mécanique et qu'elle résulte d'un processus de construction aussi bien social que technique, où les chercheurs sont plongés dans des controverses et fonctionnent en collectif et doivent composer avec des modèles et des instruments qui échappent à leurs attentes dans certains cas. Montrer la thérapie génique en train de se faire est une occasion d'aborder l'incertitude et la contingence de la construction des savoirs. Les étapes de la formation sont réalisées selon le modèle : des chercheurs, des essais cliniques<sup>3</sup>. Ce modèle représente une rencontre avec *la science en train de se faire* permettant aux étudiants de découvrir une facette de la réalité des laboratoires.

---

<sup>3</sup> Sur le site du Palais de la découverte une page est consacrée à l'initiative « un chercheur, une manip » dont l'objectif est de montrer la science en action d'où notre idée « des chercheurs, des essais cliniques »

## **Méthodologie : un débat argumenté entrecoupé de phases de « dérangements » épistémologiques**

Tout d'abord, les étudiants ont rempli individuellement un questionnaire (pré-test) qui vise à évaluer à la fois leurs connaissances en génie génétique d'une façon générale et en thérapie génique en particulier, et aussi leurs opinions sur certaines applications de la technologie génétique en thérapie génique, notamment en fonction des maladies candidates, des systèmes de transfert de gène et des approches utilisées.

Dans une première phase nous avons présenté aux étudiants une situation fictive sur une question socio-scientifique controversée : un enfant souffre d'une maladie génétique grave qui l'oblige à suivre un régime alimentaire sévère. Un médecin propose à sa famille une thérapie génique pour le guérir définitivement de sa maladie. Les parents sont incertains, ils décident de demander les points de vue de leurs amis. Cette situation est suivie d'une question présentant la problématique de débat. *Les parents vont-ils accepter le traitement par thérapie génique pour leur enfant ? Pourquoi ?* Nous pensons que cette situation fictive place les étudiants dans une situation où ils devraient se positionner par rapport à la problématique proposée.

Nous avons personnellement animé le débat, mais notre rôle a été relativement limité. Tout en essayant de rester neutre, nous avons laissé les étudiants aborder spontanément les différents thèmes suscités par la situation. Nous avons insisté sur la participation verbale des silencieux, en les invitant à donner leur opinion. Nous avons reformulé de temps à autre ce qui vient d'être dit en faisant des liens avec ce qui a été dit. On a également réfréné l'élan des étudiants qui ont une tendance à monopoliser les échanges et on a recentré le groupe durant les moments où il s'éloigne de la problématique du débat. Durant cette période d'expérimentation aucune information n'a été présentée aux étudiants. Cette période constitue la première phase du débat.

Les autres phases de débat (phases 2, 3, 4 et 5) correspondent aux « dérangements » épistémologiques. Durant les phases (2, 4 et 5) les étudiants ont analysé des textes et des résumés d'articles préparés selon le modèle "des chercheurs, des essais cliniques". L'analyse a porté sur les conditions de réalisation des essais cliniques à savoir : les aspects scientifiques (caractéristiques de la maladie, types de vecteur utilisé, approches thérapeutiques utilisées<sup>4</sup>, démarche scientifique, etc.) ; les aspects économiques (les laboratoires et les firmes impliqués, les investisseurs, les conflits d'intérêt, etc.), les aspects éthiques (notion de consentement éclairé, de bonnes pratiques cliniques, etc.) et les aspects socio-épistémologiques (nature des sciences, connaissances sur les scientifiques, nature épistémique de la preuve scientifique, l'honnêteté des scientifiques, etc.). La phase 3 correspond à une stratégie de fissionnement du dogme de Crick : ADN → ARNm → protéine. Selon ce dogme, chacun des gènes de l'ADN est traduit en un ARN particulier, qui produit une protéine spécifique, laquelle remplit une fonction précise dans la cellule. Il s'agit de discuter les limites de ce dogme qui ne tient plus aujourd'hui.

Durant chaque phase les textes sont soumis à chaque étudiant qui les étudie. Ensuite, par groupe de cinq étudiants, ils ont pour consigne de répondre aux questions accompagnant chaque texte ou résumé d'article. Puis chaque petit groupe expose ses réponses à l'ensemble du groupe. Cette méthode donne l'occasion de provoquer la confrontation des solutions

---

<sup>4</sup> La notion d'approche thérapeutique représente pour nous un élément pertinent pour comprendre certaines spécificités de la thérapie génique car cette notion renferme des informations concernant la manière par laquelle les chercheurs veulent rendre une gène thérapeutique. Les textes et les résumés d'articles étudiés durant les phases (2, 4 et 5) décrivent différentes approches thérapeutiques.

proposées, la découverte des idées d'autrui et d'approfondir l'analyse du problème présenté par le résumé de l'article ou par le texte. C'est donc une situation de co-construction de connaissances. Ce travail est suivi de réponses aux demandes d'information concernant le vecteur utilisé, l'approche thérapeutique, certains termes et expressions difficiles pour les étudiants. A la fin de chaque phase et après l'analyse des textes correspondants nous avons relancé le débat à propos de la faisabilité et l'acceptabilité de la thérapie génique.

Le tableau suivant présente le travail réalisé durant les phases de « dérangements » épistémologiques : les textes et les résumés d'articles utilisés, quelques objectifs des questions accompagnant chaque texte, le moment et la durée de débat pendant chaque phase.

Phases	Textes et résumés d'articles utilisés	Quelques objectifs des questions accompagnant les textes utilisés	Moment et durée de débat
<b>Phase 2</b>	- résumé d'un article expliquant la situation de Jesse mort par thérapie génique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier la nature de la maladie de Jesse</li> <li>- en quoi consiste l'approche thérapeutique de Jesse (le vecteur utilisé, le gène utilisé, son lieu de l'expression, son niveau d'expression, l'effet thérapeutique attendu)</li> <li>- expliquer les causes qui ont provoqué la mort de Jesse</li> <li>- les connaissances scientifiques permettent-elles de réussir cet essai thérapeutique ?</li> <li>- qu'est-ce qu'un consentement éclairé ?</li> <li>- quelles sont les motivations des chercheurs pour réaliser un essai clinique ?</li> <li>- dégager les conflits d'intérêts</li> <li>- étudier la nature des relations entre les différents acteurs intervenant dans la réalisation d'un essai clinique de thérapie génique</li> <li>- nature de la preuve empirique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- débat à propos de la faisabilité et de l'acceptabilité de la thérapie génique</li> <li>- La durée de cette phase de débat est de (40mn)</li> </ul>
<b>Phase 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deux textes remettant en cause le modèle linéaire de Crick.</li> <li>- les textes sont accompagnés de schémas explicatifs : un schéma du modèle linéaire de Crick et un schéma montrant le modèle actuel avec des réseaux de régulation et l'intervention des facteurs épigénétiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dégager les caractéristiques du modèle linéaire de Crick</li> <li>- pourquoi ce modèle est en crise aujourd'hui ?</li> <li>- quelles sont les données actuelles de la biologie moléculaire qui remettent en cause ce modèle ?</li> <li>- comparer le nombre de gènes contenus dans le génome humain d'après les scientifiques en 1970, en 1990, en 2001 et en 2004</li> <li>- si la complexité d'un être vivant est directement proportionnelle à son nombre de gène (d'après le modèle de Crick) comment justifier que le riz en possède plus que l'être humain ?</li> <li>- le modèle de Crick permet-il d'expliquer que le nombre des protéines est nettement supérieur au nombre de gènes chez l'être humain ?</li> <li>- dégager les éléments intervenant dans la régulation de l'expression des</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relance de débat</li> <li>- La durée de cette phase de débat est de (25 mn)</li> </ul>

<p><b>Phase 4</b></p>	<p><b>Phase 4a</b> - résumé d'un article : première thérapie génique suivie de guérison (le cas des enfants-bulles de l'hôpital Necker)</p> <p><b>Phase 4b</b> - suite de l'article : trois ans après un événement indésirable est survenu chez deux des enfants traités par thérapie génique. - communiqué de presse de l'AFSSAPS paru le 03/10/2002 informant de l'interruption de l'essai thérapeutique des enfants bulles.</p> <p><b>Phase 4c</b> - résumé d'un entretien avec Alain Fischer<sup>5</sup> - communiqué de presse de l'AFSSAPS paru le 24/01/05 informant de l'interruption pour la deuxième fois des essais thérapeutiques des enfants malades</p>	<p>gènes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dégager les caractéristiques de la maladie des enfants-bulles</li> <li>- quelle est la cause de cette maladie ?</li> <li>- en quoi consiste l'approche thérapeutique utilisée dans ce cas (le vecteur utilisé, le gène utilisé, son lieu de l'expression, son niveau d'expression, l'effet thérapeutique attendu) ?</li> <li>- à quoi attribuez-vous la réussite de cet essai de thérapie génique ?</li> <li>- que s'est-il passé pour les deux enfants ?</li> <li>- quel nom ont donné les chercheurs à cette complication ?</li> <li>- quelle est la cause de cette complication ?</li> <li>- peut-on attribuer la cause à l'approche thérapeutique ?</li> <li>- existe-t-il un conflit d'intérêt dans ce cas ?</li> <li>- pourquoi l'AFSSAPS a arrêté les essais thérapeutiques pour cette maladie ?</li> <li>- quelles sont les deux hypothèses avancées par les chercheurs pour réduire le risque de cette complication et redémarrer le protocole pour d'autres enfants malades ?</li> <li>- quel est l'âge de l'enfant traité par thérapie génique après reprise des essais ?</li> <li>- les deux hypothèses avancées par les chercheurs sont-elles confirmées ?</li> <li>- le risque est-il minimisé ?</li> <li>- quelle est la cause de ce risque ?</li> </ul>	<p>Relance de débat</p> <p>- La durée de cette phase de débat est de (25 mn)</p> <p>Relance de débat</p> <p>La durée de cette phase de débat est de (20 mn)</p> <p>Relance de débat</p> <p>La durée de cette phase de débat est de (25 mn)</p>
<p><b>Phase 5</b></p>	<p>- résumé d'un article : la thérapie génique anticancéreuse par gènes suicides</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- quelles sont les approches thérapeutiques utilisées ?</li> <li>- quelle est l'objectif de chaque approche ?</li> <li>- quelles sont les caractéristiques de ces approches (types de vecteur, types de gène, lieu d'expression, durée d'expression) ?</li> </ul>	<p>Relance de débat</p> <p>La durée de cette phase de débat est de (40 mn)</p>

<sup>5</sup> Entretien avec Alain Fischer réalisé par Lise Barnéoud, disponible à l'adresse : [http://www.cite-sciences.fr/francais/ala\\_cite/science\\_actualites/sitesactu/question\\_actu.php?langue=fr&id\\_article=3783&id\\_mag=0](http://www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/science_actualites/sitesactu/question_actu.php?langue=fr&id_article=3783&id_mag=0)

Nous faisons l'hypothèse que ces phases de « dérangements » épistémologiques ainsi que l'apport de connaissances sur les thérapies géniques par le biais des textes analysés peut influencer la prise de position et l'attitude des étudiants à l'égard de la technologie génétique, à l'égard des scientifiques ainsi que la nature de leur argumentation.

## Résultats

La toute première chose à noter suite à l'utilisation de la catégorisation de Gauthier (2005) est la quantité relativement faible des propositions formulées durant la première phase de débat. La majorité de ces propositions relève de l'opinion. Dans certains cas les justifications avancées prennent appui sur leurs connaissances en génétique notamment le dogme de Crick. Durant la première phase de débat le nombre d'argument est très faible. Nous avons remarqué que le nombre d'argument augmente progressivement d'une phase à l'autre. Certains étudiants utilisent deux ou trois justifications pour étayer leur prise de position. (Une analyse plus fine est encore en cours nous présenterons de manière plus détaillée nos résultats le jour du colloque)

En se référant aux travaux d'Habermas (1987) nous avons identifié dans les différentes phases de débat quatre types d'argumentation se rapportant aux quatre types d'agir définis par l'auteur : l'agir stratégique, l'agir normatif, l'agir dramaturgique et l'agir communicationnel. La première phase du débat est majoritairement fondée sur les agir stratégiques (fondés sur des connaissances scientifiques notamment le dogme de Crick) et normatifs (fondés sur leur vision de la science qui est toujours pour le bien être de l'Homme). Le débat est devenu progressivement communicationnel durant les dernières phases (phase 4c et phase 5). A ce stade nous avons remarqué que certains échanges argumentés ne visent pas à convaincre, mais essayent de construire une explication valide au problème de la faisabilité de la thérapie génique. C'est cette phase qui nous semble la plus efficace concernant l'amélioration de la réflexion et l'appropriation du problème traité.

Nous avons étudié les différentes valeurs des modalités d'énoncé présentes dans le discours des étudiants durant les différentes phases du débat. Notre analyse a mis en évidence diverses formes de modalisation. Durant la première phase du débat on a remarqué la prépondérance de certains domaines modaux : les domaines axiologique (30,95%), aléthique (28,75%) et l'épistémique (21,42%). Viennent ensuite la modalisation déontique avec (16,66%) et enfin la modalisation désidérative avec un faible pourcentage de (2,38%). Il est intéressant de remarquer que les valeurs modales les plus représentatives sont la « possibilité » (modalité aléthique), la « croyance » (modalité épistémique) et le « permis » (modalité déontique) avec l'absence de certaines valeurs notamment « l'interdit » (modalité déontique). Il nous semble que ces valeurs modales sont des indices pour conclure que la thérapie génique, en tant que technologie génétique techniquement réalisable et éthiquement acceptable chez l'Homme, est une idée partagée par la majorité des étudiants. En effet certains pensent que les chercheurs ont acquis le savoir nécessaire sur les gènes (identification, isolement, clonage, transfert, etc.) d'autres étudiants évoquent même la compréhension de la nature des relations entre le gène, l'ARNm et la protéine ; la relation entre le génotype et le phénotype ; la réussite du transfert de gène chez les bactéries et la réussite de transfert de gène humain chez la souris. D'autres facteurs en lien avec leur croyance notamment leur vision positiviste a influencé les attitudes des étudiants à l'égard de la thérapie génique.

Durant la phase n°2 du débat et après avoir discuté le résumé de l'article expliquant « la situation de Jesse mort par thérapie génique » nous avons relevé dans le discours des étudiants

quatre formes de modalisation avec prépondérance du domaine déontique (41,02%) puis du domaine morale-éthique avec (25,64%). Les formes de modalisation de type aléthique et épistémique représentent respectivement (20,51%) et (12,82%). On peut noter la baisse de la modalisation épistémique, l'augmentation du pourcentage de la modalisation déontique et l'apparition de la modalisation morale-éthique. En ce qui concerne les valeurs modales les deux valeurs les plus représentatives sont « l'interdit » (56,25%) et « l'impossible » (75%). Les attitudes des étudiants sont largement influencées par les informations présentées par le résumé de l'article expliquant la mort de Jesse par thérapie génique.

Les dérangements épistémologiques et l'apport d'information par le biais des textes analysés ont contribué à la construction de nouvelles connaissances par certains étudiants et ils ont influencé leurs attitudes à l'égard de la thérapie génique ainsi que sur les types d'arguments avancés. (Nous présenterons le jour de la communication de manière plus détaillée ces résultats)

## Bibliographie

Aikenhead, G. (1985). Collective decision making in social context of science, *Science Education*, n°69, pp. 453-475

Albe, V. & Simonneaux, L. (2005). Epistemological thought and role play: impact on teachers opinions on mobile phone risks. in K. Boersma, M, Goedhart, O. de Jong & H. Eijkelhof (Eds). *Research and the quality of Science Education*. Dordrecht: Springer (pp.181-191).

Bader, B. (2005). Rapprochement interdisciplinaire entre une éducation aux sciences citoyenne et l'éducation relative à l'environnement: point de vue de chercheurs et formation des enseignants, p. 109-119, in L. Sauvé, Orellana, I. & van Steenberghe (Dirs). *Education et environnement. Un croisement de savoirs*. Cahiers scientifiques 104, Montréal : Acfas

Bader, B. (2004). Epistemological Renewal and Environmental Education : Science in context. *Australian Journal of Environmental Education*, 20 (2), 13-22

Bader, B. (2003). Interpr tation d'une controverse scientifique: strategies argumentatives d'adolescentes et d'adolescents québécois, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, n 3, pp. 231-250.

Bell, R. L. & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87, 352-377.

Driver, R. & Leach, J. & Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's image of science*, Buckingham, open University Press

Fensham, P. (2002). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, n 2, pp. 133-150

Fleming, R. (1986). Adolescent reasoning in socio-scientific issues. *Journal of Research in Science Teaching*. 23, 689- 698.

Galatanu, O. (2002) *Les valeurs*, Maison des sciences de l'Homme Ange Gu pin, Nantes



- Gauthier, G. (2005). Argumentation et opinion dans la prise de position éditoriale. In M. Burger & G. Martel (dir). *Argumentation et communication dans les médias*. Edition Nota bene. pp (131-152)
- Grace, M. & Ratcliffe, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues, *International Journal of Science Education*, n°24, pp. 1157- 1169.
- Habermas, J. (1987). *Théorie de l'agir communicationnel*. Paris, Fayard.
- Kolsto, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues, *Science Education*, 85, 291-310.
- Larochelle, M. & Desautels, J. (2001). Les enjeux des désaccords entre scientifiques: un aperçu de la construction discursive d'étudiants et d'étudiantes, *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, n°1, pp. 39-60
- Latour, B. (1989). *La science en action*, Paris la découverte.
- Latour, B. & Woolgar, S. (1996). *La vie de laboratoire*, Paris : ed. la découverte
- Legardez, A. & Simonneaux, L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité – Enseigner les questions vives*, Issy-les-Moulineaux : ESF
- Leach, J. & Lewis, J. (2002). The role of student's epistemological knowledge in the process of conceptual change in science, in M. Limon & L. Mason (Eds.) *Reconsidering conceptual change. Issue in theory and practice*, The Netherlands, Kluwer.
- Leach, J. & Lewis, J. & Driver, R. & Wood-Robinson, C. (1996). Opinion and attitude towards genetic screening, A pre-natal screening (Cystic Fibrosis), document de travail n° 5 de *Young People's Understanding Of, And Attitudes to, The New Genetic Project*, University of Leeds, Centre for Studies in Sciences and Mathematics Education
- Lee, S. & Roth, W-M. (2003). Science and the Good Citizen : Community based scientific literacy. *Science Technology and Human Values*, 28 (3), 403-424
- Lemke, (1993). *Talking science. Language, learning and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- Lock, R. & MILES, C. (1993). Biotechnology and genetic engineering: students' knowledge and attitudes. *Journal of Biological Education*, 27, (4), 267-272.
- Mondada, L. (2005). *Chercheurs en interaction, Comment émergent les savoirs*, Presses polytechniques et universitaires romandes
- Roth, W-M. & Désautels, J. (Eds.) (2002). *Science education as/for socio-political action*. New York : Peter Lang.
- Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research, *Journal of Research in Science Teaching*, vol 41, n°5, p. 513-536.
- Simonneaux, L. (2001). *Le débat en classe sur les biotechnologies favorise-t-il l'argumentation fondée des élèves ?* Skhole, numéro hors série, p. 345-357.
- Simonneaux, L. (1999). *Les biotechnologies à l'école*, Dijon : Educagri éditions.
- Simonneaux, L. (1997). French students' attitudes towards the "new genetics" involved in agriculture. In *Symposium on Young People's Knowledge of, and Attitudes to Gene Technologies*, First International Conference of the European Science Education Research Association, 2-6 september 1997, Rome, Italie.

Tytler, R. & Duggan, S. & Gott, R. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education, *International Journal of Science Education*, n°23, pp. 815-832

Zeidler, D. & Walker, K. & Ackett, W. & Simmons, M. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the Nature of Science and responses to socioscientific Dilemmas, *Science Education*, 86, 343-367.