

L'enseignement de controverses socioscientifiques

Quels enjeux sociaux, éducatifs et théoriques ? Quelles mises en formes scolaires ?

Virginie Albe



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/educationdidactique/414>
DOI : [10.4000/educationdidactique.414](https://doi.org/10.4000/educationdidactique.414)
ISBN : 978-2-7535-1620-5
ISSN : 2111-4838

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 1 mars 2009
Pagination : 45-76
ISBN : 978-2-7535-0872-9
ISSN : 1956-3485

Référence électronique

Virginie Albe, « L'enseignement de controverses socioscientifiques », *Éducation et didactique* [En ligne], 3-1 | mars 2009, mis en ligne le 01 mars 2011, consulté le 25 avril 2022. URL : <http://journals.openedition.org/educationdidactique/414> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.414>

L'ENSEIGNEMENT DE CONTROVERSES SOCIOSCIENTIFIQUES. QUELS ENJEUX SOCIAUX, ÉDUCATIFS ET THÉORIQUES ? QUELLES MISES EN FORMES SCOLAIRES ?

Virginie Albe, STEF, ENS Cachan-INRP-UniverSud, Paris

Résumé : Depuis plusieurs années des recherches dans le champ des didactiques des disciplines ont porté sur des questions dites socialement vives, qui font débat entre scientifiques et experts et également débat public, mobilisant et divisant des groupes sociaux particuliers (scientifiques, experts, associations, médias, entreprises...).

L'importation dans l'école de telles controverses socioscientifiques pose à nouveau frais dans le champ des didactiques des disciplines la question de la prise en charge de la diversité des références, des savoirs et des pratiques d'institutions diverses et interroge sur les finalités et mises en formes scolaires de questions et débats porteurs d'enjeux sociaux controversés. Ce questionnement invite en outre à considérer les mutations des professionnalités enseignantes et à documenter les contributions des disciplines à l'étude de questions socialement vives et leurs relations aux « éducation à ».

Mots-clés : controverses, technosciences, didactique, disciplines, éducation à

Virginie Albe

Introduction

Ont émergé depuis quelques années des recherches en didactique sur des questions socialement vives, soulevant des débats dans l'espace public et entre experts, autour par exemple des OGM, du clonage, des ondes de la téléphonie mobile, des changements climatiques ou de la mondialisation. Une « question socialement vive » constitue un enjeu social, mobilise des représentations, des valeurs, des intérêts qui s'affrontent, fait l'objet de débats et d'un traitement médiatique. Par nature complexe, une question socialement vive confronte à l'incertitude, peut être porteuse d'émotions et être « politiquement sensible » (Tutiaux-Guillon, 2006, p. 119). Pour l'enseignement scientifique français, l'émergence de telles recherches peut être reliée à un contexte social marqué par de profondes mutations des rapports entre technosciences et société et au contexte éducatif de l'intégration récente dans les programmes de préoccupations sociales liées aux développements technoscientifiques. Dans cette orientation, l'enseignement des sciences et des technologies s'inscrit dans une perspective d'éducation citoyenne. Ainsi, l'importation dans l'école d'enjeux sociaux nous a conduit à nous intéresser à la scolarisation de questions scientifiques socialement vives. Étudier et comprendre les modalités d'existence de

controverses socioscientifiques en classe amène selon nous à explorer l'environnement épistémologique et le système de contraintes qui pèsent sur les actes didactiques. Il s'agit de contribuer à deux enjeux éducatifs et théoriques : la redéfinition actuelle des disciplines scientifiques, les relations nouvelles entre disciplines scolaires et « éducation à » et les transformations des professionnalités enseignantes dans la mesure où de nouveaux rôles et responsabilités peuvent incomber aux enseignants lors de l'enseignement de controverses socioscientifiques ; une refondation du curriculum scientifique qui tienne compte des mutations des modes d'élaboration des technosciences et des changements contemporains des rapports sciences-sociétés.

Dans cet article, nous présenterons dans un premier temps notre analyse (socio-historique) du contexte social, éducatif et scientifique de l'émergence du courant des questions scientifiques socialement vives étant donné l'évidence, qui ne nous semble pas inutile de rappeler, selon laquelle les recherches et les mouvements éducatifs ne se développent pas dans un vide social. Soulignons d'ailleurs la nuance que nous souhaitons signifier par l'usage des parenthèses à propos de la perspective historique adoptée dans la mesure où le manque de recul sur la période récente oblige à aborder cette analyse avec précautions. Pour

qui souhaite approcher ce qui lie sciences, techniques, sociétés, industries, États, plusieurs chemins se dessinent. Afin de nourrir une réflexion sur les modes d'élaboration des sciences aujourd'hui, ce sont les voies de l'histoire sociale et culturelle des sciences, la sociologie et la philosophie des sciences que nous avons empruntées.

Dans le champ de l'éducation aux sciences et aux technologies, nous présenterons différentes finalités de l'enseignement des sciences et des techniques qui font actuellement l'objet d'intenses débats. Nous discuterons en particulier la perspective d'éducation citoyenne actuellement prônée dans de nombreuses recherches et dans des programmes d'enseignement.

Nous explorerons ensuite comment, en particulier, l'enseignement de questions socioscientifiques et sociotechniques socialement vives peut contribuer à la nouvelle alliance entre enseignement scientifique et technologique et éducation à la citoyenneté. Nous procéderons à une analyse des recherches menées en didactique francophone et anglophone, présenterons la théorisation récente des questions socialement vives et étudierons les débats qui structurent le champ.

Puis, nous présenterons les recherches que nous avons menées sur l'appréhension de controverses socioscientifiques par des élèves, des étudiants et des enseignants et sur la conception et l'évaluation de situations d'enseignement et de formation. Nous avons également mené des travaux pionniers sur les intentions et pratiques d'enseignement sur ces savoirs controversés, incertains, porteurs d'enjeux sociaux dans le cadre de l'enseignement des sciences ou en pluridisciplinarité. La mise en évidence de contraintes différentes qui relèvent de la professionnalité enseignante et de conceptions sur la nature des sciences amène à questionner la forme scolaire des questions scientifiques socialement vives. Ainsi, nous orientons nos recherches sur une finalité théorique pour comprendre l'écologie des controverses socioscientifiques. La viabilité didactique de controverses socioscientifiques n'est selon nous saisissable qu'à partir de théorisations humbles étroitement liées aux situations vécues par les acteurs. Nous proposons une modélisation relativement ouverte et souple pour remplir une double fonction analytique et propositionnelle sur la scolarisation de controverses socioscientifiques.

Enfin, en guise de conclusion de cet article, nous proposerons de débattre des questions qui selon nous sont posées aux recherches en éducation par l'intégration récente de questions socialement vives dans les programmes d'enseignement des sciences au secondaire.

Technosciences et mutations sociales (ou dans des questions scientifiques socialement vives, qu'est-ce qui est socialement vif?)

Les évolutions sociales sont complexes et les discours sur ce que nous vivons sont nombreux. Il n'est ni question ni possible ici d'être exhaustive et d'autres sont bien plus savants que moi en ces matières ainsi je présenterai des repères afin de saisir les transformations sociales actuelles et les modifications des modes d'élaboration des sciences en société.

Un thème est commun à la littérature dans le domaine. Des changements sociaux, économiques, politiques, idéologiques et culturels majeurs sont à l'œuvre. Nous assistons à la fin du compromis historique apparu à la fin du XIX^e siècle et dont l'apogée se situe dans les trente glorieuses (Pestre, 2003, p. 80). Depuis la fin des années 1970 un nouveau mode de production des savoirs scientifiques s'est mis en place et de nouveaux rapports entre science, expertise, industrie, État et société se développent.

Pestre (2003) a proposé de penser l'histoire des sciences des cinq derniers siècles comme une succession de régimes de savoirs articulés sur des modes sociaux d'existence de tels savoirs. Selon lui, ce qui distingue radicalement le régime de production des savoirs de ces trente dernières années par rapport aux périodes précédentes est la mondialisation et la marchandisation des sciences. Ce mouvement de production privée de biens techno-scientifiques s'est trouvé facilité par la nature de la technoscience elle-même, des transformations politiques et sociales majeures et des législations nouvelles encadrant la recherche et l'innovation.

Nature des (techno)sciences aujourd'hui

Une évolution marquante portant sur le resserrement des liens entre activité scientifique et activité

technique, le terme « techno(-)science » est utilisé pour exprimer le caractère indissociable des sciences et des technologies dans les recherches contemporaines (Hottois, 2005, p. 8). La science, devenue technoscience, se caractérise par une grande variété de pratiques et de nouvelles capacités d'action sur le monde phénoménales.

Pluralisme de paradigmes et de principes épistémologiques

Se présente aujourd'hui un champ très hétérogène de technosciences industrielles et universitaires. La variété des approches se multiplie, les grands principes théoriques et l'orthodoxie réductionniste s'affaiblissent au point que certains évoquent « une crise de paradigmes ». Au dépassement du paradigme productiviste en agriculture correspondrait par exemple celui du paradigme chimio-thérapeutique en santé publique (Pignarre, 2003) et génético-réductionniste dans les sciences du vivant (Atlan, 1999; Kupiek & Sonigo, 2000; Lambert, 2006).

Si des recherches sont menées selon une approche réductionniste en abordant les questions sous l'angle quasi-exclusif de l'expérimentation rigoureusement contrôlée au laboratoire, se développent également d'autres approches plus globales, notamment des études sur les effets des technosciences sur l'environnement et la simulation numérique. Cette forme de recherche associe pour Hottois (2005, p. 49-50) les deux aspects opératoires de la technoscience : l'opérativité mathématique et l'opérativité technique, pour créer et étudier des phénomènes.

Nouveaux modes de compréhension théorique

Les grandes modélisations qui sont à la base de l'appréhension de phénomènes à l'échelle planétaire, comme dans le cas des modélisations climatiques, offrent une compréhension théorique nouvelle des processus (Pestre, 2003). Nées à la fin des années 1940 pour les premiers modèles météorologiques et les simulations pour la bombe H aux États-Unis, ces modélisations ont depuis une quinzaine d'années une portée politique sans précédent. Elles constituent un nouvel univers de jugement dans la mesure où elles disent le problème ainsi que ses solutions.

Les mathématiques et le développement des méthodes de calcul transforment également les pratiques professionnelles, notamment les métiers de la finance et la gestion des marchés financiers. De même, les technologies de communication provoquent des changements dans la production industrielle, le travail de conception et de « design » des objets, l'organisation du travail, la gestion ou la logistique.

Les technosciences constitutivement interactives avec la société et la nature

Les technosciences sont devenues créatrices de société et de nature (Hacking, 1999). Leurs capacités d'action sur le monde apparaissent phénoménales depuis l'explosion des bombes atomiques à Hiroshima et Nagasaki en 1945, moments clés constituant des ruptures dans l'histoire des sciences et des techniques (Dupuy, 2004), puis les problèmes d'environnement, de gestion de l'eau, du nucléaire et ses déchets, de l'introduction des organismes génétiquement modifiés... jusqu'aux projets récents de colonisation de l'espace, de création de chimères homme-animal, de développement de vie artificielle (Atlan, 2005), de nanotechnologies et de post-humains (Babin, 2004; Dupuy 2005). Sciences et techniques sont ainsi parfois directement à l'origine des problèmes auxquels la société doit faire face (Atlan, 2002) : grands équilibres de la planète, environnement, maîtrise du vivant au niveau moléculaire.

Les pratiques professionnelles sont également modifiées, comme nous l'avons évoqué plus haut. Par exemple, la « *molécularisation instrumentale* » de la biologie pour reprendre les termes de Pestre (2003, p. 105) modifie la pratique de la médecine, la compréhension de la maladie par la génomique, et fournit de nouveaux produits à l'industrie pharmaceutique.

Mondialisation et marchandisation des sciences

L'activité scientifique de recherche est actuellement souvent polarisée sur la promotion de l'innovation et le développement technologique (Roqueplo, 1997, p. 92). Les questions actuellement objets des recherches technoscientifiques tendraient ainsi à se focaliser sur l'élaboration de nouveaux produits ou procédés commercialisables. Ces recherches,

qu'Hottois (2005) qualifie de « *recherches-innovations* » pour souligner que la connaissance doit servir, fournir de nouveaux produits, sont soumises à l'obligation de résultats à court terme. Ainsi, le pragmatisme domine au nom de l'efficacité et de principes épistémologiques très divergents (Pestre, 2003, p. 152).

Mouvement de production privée de biens technoscientifiques

La modification la plus profonde des liens entre science, État et industries tient pour plusieurs auteurs à un nouveau régime de propriété intellectuelle. Les conditions de dépôts de brevets ont été étendues dans les années 1980¹, rendant les contraintes d'utilité et d'usage très larges. Ces extensions ont permis que des droits de propriété intellectuelle soient accordés pour des recherches dans des domaines considérés jusque-là comme relevant de savoirs publics destinés à la publication dans des revues scientifiques. Ces domaines se sont trouvés « fournisseurs » de biens, produits ou services commercialisables. Dans le domaine des biotechnologies par exemple, une bactérie élaborée en laboratoire a été brevetée en 1980, puis une souris génétiquement modifiée en 1988, et ensuite des séquences d'ADN. Aujourd'hui, les entreprises Monsanto et DuPont détiennent plus de brevets en biotechnologies végétales que l'ensemble des secteurs publics de recherche dans le monde (Joly & Hervieu, 2003). Des logiciels, banques de données électroniques, algorithmes mathématiques et méthodes de management font également l'objet de brevets.

Par ailleurs, le dépôt de brevets soulève des questions éthiques. Que l'on pense par exemple à la limitation d'accès aux médicaments contre le sida pour les populations non solvables, aux recherches sur les cellules souches ou aux développements de produits dérivés des pratiques néo-coloniales de l'ethno-botanique (Hesse, 2002).

De telles recherches finalisées impliquent une foule d'acteurs (consommateurs, financeurs, etc.), ont le marché comme norme et se caractérisent par une absence de critères communs (Echeverria, 2003).

Intégration des règles et des normes du marché dans l'univers scientifique

Pour Dasgupta et David (1994), l'économie de la recherche est en mutation importante. D'une part, les investissements des industriels dans les laboratoires américains augmentent depuis la fin des années 1980 (le cas du MIT est exemplaire à ce propos), et des partenariats entre entreprises privées et universités se développent. D'autre part, on constate une évolution dans l'organisation de la recherche dans les entreprises. Les laboratoires de recherche « fondamentale » sont placés depuis les années 1980 sous les directives des divisions de développement et voient ainsi leur autonomie réduite (voir par exemple l'analyse historique de De Vries (2005) pour le laboratoire central de Philips). Cette organisation correspond à une volonté de rattrapage par rapport aux succès industriels japonais et à une nécessité de rentabilités plus immédiates.

Se développent par ailleurs des entreprises créées à partir de savoirs développés dans des laboratoires de recherche dans le domaine de l'électronique ou des biotechnologies principalement, ce que Pestre (2003, p. 103) décrit comme un « *marché de la sous-traitance* » de « *techniques ou produits à haute valeur scientifique* ». L'apparition de start-ups participe d'un mouvement d'externalisation de la recherche industrielle. Pour les entreprises françaises, cette externalisation de la recherche vers ces entreprises sous-traitantes ou des laboratoires universitaires est estimée représenter, tous domaines confondus, de 10 % en 1980 à 25 % des efforts de recherche des firmes ces dernières années (Dumoulin & Martin, 2003). Un mouvement de délocalisation se produit également dans certains secteurs. Les entreprises pharmaceutiques françaises ont par exemple vu leurs dépenses de recherche à l'étranger passer de 5 % en 1977 à 21.3 % en 1997². La recherche tend à se constituer en marché mondial.

Un nouveau régime de production des savoirs depuis trente ans

Face d'une part aux grands équilibres de la planète, d'autre part à la maîtrise du vivant au niveau moléculaire, la responsabilité des scientifiques et les conséquences de nos actions sur l'individu, le social

et l'environnement se posent de façon accrue. Nous explorerons plus loin comment des réflexions dans le champ philosophique et propositions de politiques de recherche par des scientifiques visent à promouvoir d'autres formes d'efficacité sociale, d'autres logiques et d'autres normes que l'exigence d'efficacité pragmatique, de compétitivité internationale et l'urgence de promouvoir des scientifiques-entrepreneurs (Pestre, 2003).

Remarquons que Pestre (2003) met en garde contre l'impression d'une « *révolution totale et achevée, inéluctable et définitive* » qui souvent se dégage de la littérature. Les évolutions décrites ne sont pas homogènes mais variables selon les domaines de recherche, les secteurs industriels, les pays. Un recul historique permet notamment de modérer certains points de vue. Il souligne que la tension entre logique de développement basée sur des projets de court terme et logique plus autonome de recherche et de R&D au laboratoire peut relever d'un mouvement cyclique comme l'indique l'exemple des phases d'alternance de l'industrie chimique allemande d'avant 1914. En outre, des alternatives ou des retours en arrière sont possibles. Le rôle régulateur des États n'a jamais disparu et le modèle de l'État-providence est encore très présent en Europe. Dans de nombreux pays l'intervention de l'État est demandée avec insistance et des pratiques protectionnistes ont cours en matière d'aide à l'agriculture par exemple ou de crédits militaires, comme aux États-Unis. On assiste d'ailleurs également aux États-Unis à l'augmentation des dépenses publiques de recherche d'une façon importante et inédite depuis les vingt dernières années (+13,5 % en 2001). Des discours critiques sur l'économie mondiale sont par ailleurs tenus par des « personnages clés » pour reprendre l'expression de Pestre comme Stiglitz, ancien vice-président et économiste en chef de la Banque mondiale (de 1997 à 2000) qui a reçu le Prix de la Banque de Suède en sciences économiques en mémoire d'Alfred Nobel dit « Prix Nobel d'économie » en 2001. Des revendications altermondialistes se développent et des protestations anti-OMC lors des sommets de Seattle ou Gênes, conduisent à des reculs comme sur le projet d'Accord Mutuel d'Investissement (Laronche, 2001). D'autres dynamiques associatives peuvent par ailleurs être efficaces d'un point de vue économique (Boyle, 2002) comme c'est le cas pour le développement du logiciel libre Linux.

D'autres initiatives portent sur la remise en cause de la législation sur les brevets. Des associations comme la National Breast Cancer Coalition aux États-Unis, des universitaires et des spécialistes de santé publique contestent la pertinence sociale et médicale de certains tests (par exemple sur une prédisposition au cancer du sein) et déposent aussi des brevets afin de préserver leur accessibilité publique contre des firmes comme Myriad Genetics (Cassier & Gaudillière, 2000). Ces brevets peuvent d'ailleurs être annulés suite à des recours déposés par des institutions de recherche et de traitement³. Ces exemples indiquent que les contours du contrat social entre science et société sont actuellement en train de se redessiner.

Des mutations majeures dans les rapports entre technosciences et sociétés

Pendant la période des Trente Glorieuses, le développement des connaissances scientifiques était considéré comme source d'avancée technologique, elle-même source de développements industriels. Par conséquent, se développait la richesse nationale via une politique de plein-emploi et des rentrées financières pour l'État et donc finalement le progrès social via des politiques publiques redistributrices. Aujourd'hui, ce pacte social est rompu. La confiance ou la foi dans le progrès ont été profondément remises en cause. Si au cours des Trente Glorieuses, le rapport à l'expertise peut être vu comme un rapport d'adhésion et de délégation, particulièrement caractéristique dans le cas du nucléaire, depuis une trentaine d'années se développe un rapport différent au progrès et à l'expertise.

Un phénomène récent à l'échelle historique est depuis environ dix ans, l'apparition dans la société d'un « *rapport de défiance à la technoscience, le désenchantement vis-à-vis du progrès technique (...) et le sentiment de dépossession vis-à-vis de développements récents* » (Pestre, 2003, p. 120). Par exemple, si les Européens⁴ sont globalement favorables à la recherche, ils craignent également que des développements technoscientifiques ne modifient leurs conditions d'existence et certains aspects de la vie sociale (introduction des OGM dans l'agriculture et l'alimentation, biotechnologies, clonage, reproduction humaine techniquement assistée, épidémies

nouvelles telles SIDA, ESB, SRAS, grippe aviaire). Différents éléments peuvent être mobilisés pour tenter de comprendre ces changements. Une prise de conscience que de grands systèmes technoscientifiques sont à l'origine de problèmes pour la santé, l'environnement, l'emploi s'est développée. A émergé la notion de « développement durable » et une réflexion de notre responsabilité vis-à-vis des générations futures en matière d'environnement dans un monde conçu comme fini, aux ressources en voie d'épuisement, comme le pétrole par exemple. L'idée d'une croissance économique conduisant au progrès social a par ailleurs été remise en cause (Latouche, 1995).

La répétition de crises sanitaires ou environnementales ces dernières années est également à considérer. Citons les « affaires » du sang contaminé, de l'amiante et de la dioxine, de la vache folle, les accidents de Tchernobyl, Bhopal, Toulouse, les marées noires), ainsi que les questions qui touchent aux grands équilibres planétaires (changements climatiques, ozone, eau, gestion des déchets nucléaires). Ainsi, les attitudes du public ne seraient pas sans liens avec la nature des technosciences industrielles et leurs modes de production et de régulation (Pestre, 2003, p. 120). Elles semblent peu liées à des positionnements vis-à-vis de la science en général mais plutôt à une appréciation des pratiques des institutions technoscientifiques à l'aulne de situations de crises du passé récent ou de développements actuels contestés pour leur caractère transgressif.

« C'est le caractère démiurgique de beaucoup des approches technoscientifiques qui est contesté, le fait qu'il est beaucoup de choses que les sciences ne savent pas et ne peuvent pas connaître – mais qu'elles l'oublient. » (Pestre, 2003, p. 133).

Dans ce contexte, ont émergé depuis les années 1970 des critiques de la modernité technocratique dans le champ de la réflexion sociologique et philosophique et des pratiques sociales et une volonté de réappropriation citoyenne des choix technoscientifiques. Ces approches ont en commun l'idée que les problèmes générés par les technosciences ne peuvent pas être résolus par les technosciences, autrement dit qu'il n'est pas possible de trouver des solutions internes au système. La prise en charge des technosciences exige alors pour certains une re-politisation, d'autres mettent plus en avant un traitement éthique.

Re-politisation et dimension éthique des technosciences

Dans la première perspective, des questions qui étaient auparavant qualifiées de « techniques » et déléguées aux seuls experts sont désormais perçues comme enjeux de société et de mobilisations politiques. Elles nécessitent une réflexion globale et une prise en charge politique. Nous sommes à un « moment constitutionnel » où se redéfinissent les règles de base qui lient les citoyens et l'état, entre autres en matière de politique et de recherche scientifiques (Jasanoff, 2004). Les technosciences posent de nouveaux défis à la démocratie. Elles recomposent le social puisque se créent de nouveaux groupes sociaux à cause des « débordements » des technosciences, par exemple les mères inquiètes par l'installation d'une antenne-relais sur le toit de l'école de leurs enfants. Ces groupes sociaux ne sont pas entendus par la démocratie représentative. Callon, Lascoumes, & Barthe (2001) proposent l'idée d'une démocratie dialogique où la recherche de plein air pratiquée par les profanes est accueillie dans les laboratoires de « *recherche confinée* », chercheurs et profanes se réunissant dans des « *forums hybrides* » pour prendre en charge les controverses sociotechniques.

Dans la seconde perspective, apparaît la nécessité de fonder une éthique de la civilisation technoscientifique. Pour plusieurs auteurs, doit se développer une réflexion en termes d'approches globales, les outils dont dispose aujourd'hui la philosophie morale ne le permettant pas, afin d'énoncer des propositions sur la nature de l'humain, du social et de notre relation à la techno-nature.

Une éthique de la civilisation technoscientifique

Jonas (1979/1990) a proposé un nouveau « principe de responsabilité » face aux problèmes posés par la civilisation technique (nucléaire, environnement, génie génétique). Ce principe doit orienter nos actions afin d'éviter le pire. Le pouvoir énorme que possède l'homme par la technoscience lui fournit désormais les capacités de s'auto-détruire en peu de temps. Cette capacité destructive de l'homme, cette « transformation de l'essence de l'agir humain » lui interdit de s'engager dans des actions qui pourraient mettre en danger l'existence des générations futures ou la qualité future de l'existence sur Terre.

Dupuy (2002) a également critiqué le projet technicien qui caractérise la société industrielle. Ce projet n'est pas neutre et vise à remplacer le tissu social, les liens de solidarité qui constituent la trame de la société par une fabrication. Dupuy partage avec Jonas l'idée que la situation actuelle impose de donner la priorité à l'éthique sur la politique. En opposition au principe de précaution, il propose d'adopter une « *posture catastrophiste* » où la prise en compte du scénario du pire face aux menaces qui s'accumulent est un guide pour l'action. La démarche consiste à raisonner comme si le fait que la catastrophe soit possible était équivalent à penser qu'elle se produira nécessairement.

Avec les récents développements des biotechnologies et du génie génétique, Habermas (2002) s'interroge pour sa part sur la nécessité d'intervention politique afin de limiter la recherche biologique. Si cette limitation ne peut être justifiée sur la base de critères moraux qui relèvent de choix de vie personnels, elle peut l'être selon une « *éthique de l'espèce humaine* ». Face à la menace de l'eugénisme libéral qui offre la possibilité aux parents d'agir sur le génome de leur futur enfant, Habermas questionne nos conceptions de la liberté et de la responsabilité. Des manipulations faites dans le but d'une amélioration du patrimoine génétique auraient en effet comme conséquence de modifier la compréhension que tout homme a de soi comme être moral, comme être humain. La conscience d'être né suite à une intervention génétique modifierait la réciprocité de la relation entre générations et des relations intersubjectives. Pour Habermas, l'auto-compréhension morale de l'espèce humaine est en jeu.

*Les principes de prévention, précaution, prudence*⁵

Face aux récentes crises sanitaires et environnementales, un premier outil de rationalité politique peut être identifié avec le principe de précaution. Concept flou, aux multiples formulations, en cours d'élaboration théorique, une idée centrale s'en dégage toutefois. Il s'agit d'imposer une *limite de principe* aux activités technoscientifiques industrielles potentiellement néfastes. Il apparaît comme le premier outil public contraignant pour le développement de façon à préserver les conditions de vie des populations actuelles et des générations futures (Hunyadi, 2003).

Il s'inscrit à ce titre dans la perspective d'un développement durable. Mais des critiques soulignent que « *réfléchir à la portée et aux conséquences de ses actes et [...] prendre des dispositions pour éviter de causer des dommages à autrui* » comme le propose Kourilsky (2002) rejoint une éthique de la responsabilité. Une approche de la précaution n'apporte de ce point de vue rien d'original. En outre, le paradigme de la prudence moderne est gouverné par un modèle scientifique de calcul des conséquences (Hunyadi, 2003). L'analyse en termes de risques d'une situation d'incertitude est considérée comme « *[...] un mauvais codage de la controverse* » (Callon, 2002). Pour Callon et al. (2001), l'évaluation en termes de risques masque les vraies questions et déplace les controverses sur des questions qui reviennent à calculer, mesurer, évaluer quantitativement les débordements des technosciences plutôt qu'à s'interroger sur la pertinence de ces technosciences et leur mode d'existence dans nos sociétés. Plusieurs auteurs ont proposé une approche de la précaution qui ouvre le débat politique, considérant alors le principe de précaution comme une *manière de raisonner* pour se forger un jugement en situation d'incertitude. Hunyadi (2003, p. 161) propose que le principe de précaution soit utilisé pour ouvrir sur de véritables questions, « *qui ne sont pas les questions de risques, mais les questions de choix politiques, et le cas échéant, de choix culturels ou civilisationnels.* » Pour Callon et al. (2001) analyser les technosciences en termes de débordements et d'incertitudes conduit à une véritable demande de participation aux prises de décision. Dans ce cadre, la mise en débat des technosciences constitue un levier de démocratisation des choix collectifs, au lieu, comme le souligne Wynne (1997) de confier aux technocrates le soin de trouver des solutions procédurales basées sur le culte du « *scientifiquement fondé* », ce qui amène à explorer la question de l'expertise.

L'expertise, un enjeu démocratique

À l'interface du savoir et de la décision, se situe l'expertise. Intégrée au sein même du processus de décision, l'expertise a pour fonction spécifique d'apporter toute connaissance susceptible de nourrir la décision. Mais Roqueplo (1997) souligne l'ambiguïté des activités d'expertise, entre savoirs établis et position personnelle d'une personne reconnue pour ses compétences sur un savoir ou son absence. Dans tous

les cas, l'expert transgresse inéluctablement les limites de son propre savoir et convoque nécessairement, qu'il en aie conscience ou non, « *ses croyances, ses convictions globales, son idéologie, ses solidarités, ses préjugés, sa classe sociale, son appartenance nationale, etc.* » (Ibid., p. 45). L'expertise est fondamentalement biaisée et nécessairement conflictuelle, la neutralité est illusoire et Roqueplo (1997, p. 47) évoque la « *monstruosité épistémologique* » qui consiste à demander aux experts scientifiques de transgresser les limites de leur savoir et d'exprimer leur position personnelle sur des questions complexes et incertaines, en vue d'une décision potentiellement porteuse d'importants enjeux, tout en exigeant d'eux que leur position soit « neutre ». L'illusion de la neutralité de l'expertise est liée pour Pestre (2003) à une conception naïve de la nature des sciences d'un côté et de l'activité politique de l'autre. Une vision dichotomique science/politique ou expert/décideur sert d'ailleurs les intérêts des deux groupes en renforçant leur légitimité. En intervenant dans les débats publics, les scientifiques peuvent montrer la pertinence sociale de leur travail à l'opinion publique et participer à sa formation, l'opinion publique créant les conditions sociales et politiques de la décision. Les politiques, en s'appuyant sur des connaissances scientifiques, peuvent montrer qu'ils prennent des décisions en vue de ce que l'on appelle « *la volonté générale* » (Roqueplo, 1997, p. 84). Ainsi, l'expertise renvoie à des enjeux de savoir-pouvoir. Elle constitue un élément essentiel d'un fonctionnement démocratique de nos sociétés. Son usage « *constitue peut-être la caractéristique fondamentale qui fait la différence entre technocratie et démocratie* » (Roqueplo, 1997, p. 62).

Il n'y a pas de champ scientifique pouvant dire seul ce qu'est la nature des problèmes à résoudre. Face à des problèmes très complexes, l'expertise scientifique est limitée, les questions ne sont pas d'abord techniques, et science et expertise ne peuvent constituer ce que Pestre (2003) nomme « *le point nodal* » autour duquel concevoir et organiser l'analyse. Cela ne signifie pas qu'elles n'ont pas d'intérêt mais au contraire qu'elles jouent un rôle important qu'il convient de penser. Nous y reviendrons dans les pages suivantes.

De nouvelles formes de mobilisations sociales

Par ailleurs, s'exprime depuis une trentaine d'années une volonté de réappropriation citoyenne des

choix technoscientifiques. La fin des années 1970 voit l'émergence de préoccupations écologistes et la création de nombreux mouvements environnementalistes (France Nature Environnement en 1968, Les Amis de la Terre en 1970, Greenpeace France en 1977.). Puis, les années 1980 sont marquées par une vague d'engagement associatif sur des questions scientifiques et techniques dans des situations de crises sanitaires et environnementales. Citons par exemple la création de la Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité (CRIIRAD) suite à l'accident de Tchernobyl en 1986 et l'organisation depuis 1987 du Téléthon par l'Association Française contre les Myopathies⁶. L'apparition de l'épidémie de sida voit également l'émergence de groupes qui s'organisent pour fournir des soins aux malades, récolter des fonds pour des recherches, intervenir dans les pratiques médicales et développer de nouvelles modalités de production de savoirs avec les scientifiques. Remettant en cause le paradigme de l'essai thérapeutique lourd randomisé, les associations co-élaborent ainsi des protocoles d'essais thérapeutiques avec les chercheurs (Epstein, 1997).

Dans ces exemples, il apparaît que les associations de victimes ou de malades constituent un nouvel acteur majeur dans l'expertise et la recherche. Dans le cas des personnes victimes de la radioactivité due à l'accident de Tchernobyl ou victimes de l'« affaire » du sang contaminé, de l'amiante, des antennes-relais de la téléphonie mobile, la contestation se développe également sur le terrain juridique. Les chercheurs académiques ne sont plus majoritaires ni moteurs dans cette dynamique comme lors des premiers mouvements de protestation de la recherche scientifique⁷ des années 1960 et 1970 (Association *Scientist for Social and Political Action* aux États-Unis, *British Society for Responsibility in Science* en Grande-Bretagne, GSIEN⁸ et les revues *Impascience* ou *Labo-contestation* en France⁹). Plus récemment, on peut remarquer que l'expertise citoyenne rejoint la mouvance altermondialiste pour s'opposer aux OGM, contester les brevets sur les médicaments, le breveteage du vivant, le choix de développer une nouvelle génération de réacteur nucléaire, l'EPR.

La critique des recherches et expertises officielles et le développement d'une expertise ou d'une contre-expertise associative s'inscrivent dans un mouvement de revendications de la société pour se ré-approprier

des questions socio-techniques et politiques. Depuis une décennie, les formes d'engagement de la société civile se sont multipliées.

Le « tournant participatif »

De nouveaux dispositifs de délibération se sont mis en place pour une véritable participation démocratique aux développements technoscientifiques. Élaborées pour la première fois au Danemark en 1987, les conférences de consensus¹⁰ constituent une forme de participation citoyenne dont l'objectif est de permettre à un panel de profanes de formuler des recommandations sur des problématiques scientifiques et technologiques pour lesquelles il existe d'importantes incertitudes et divergences d'opinion. En France, trois conférences de citoyens ont eu lieu, sur les OGM en 1998, les changements climatiques en 2002 et le devenir des boues domestiques issues de station d'épuration, dans le cadre du débat national sur l'eau en 2003. Une a également eu lieu à l'échelle régionale en Île de France sur les nanotechnologies en 2006.

D'autres méthodologies ont également été expérimentées, à différents niveaux (local, régional, national, européen) et avec des degrés de participation et d'ouverture divers : ateliers-scénarios, groupes de planification, évaluation interactive des technologies, cartographie délibérative multicritères par exemple. Ces expériences ont montré que des citoyens profanes, informés de manière rigoureuse et pluraliste sont aptes à élaborer des solutions à des problèmes socio-scientifiques complexes. Elles indiquent également que de nouveaux dispositifs délibératifs peuvent s'intégrer dans un cadre institutionnel et s'articuler à la démocratie représentative.

D'autres initiatives concernant l'implication des citoyens dans les choix scientifiques et techniques prennent la voie de la démocratie directe. La Suisse a par exemple organisé une votation en juin 1998 sur la poursuite ou l'interruption d'un programme de recherches en génétique. Le débat démocratique s'ouvre ainsi à des questions socio-scientifiques.

Ces mouvements promeuvent une façon de penser et des pratiques qui tendent à instaurer un régime pluraliste de savoirs et de pratiques dans l'opinion

comme dans la communauté scientifique. Lorsque l'avis d'un comité d'expert pèse le même poids que l'opinion d'une association de consommateurs et qu'une négociation s'engage, on peut alors envisager que la science ne fasse plus obstacle à la démocratie et échapper au cercle vicieux qui dogmatise la science en disqualifiant l'opinion (Bensaude-Vincent, 2003, pp. 231 & 250).

L'émergence de ces nouveaux dispositifs et de l'expertise citoyenne participe de la constitution de l'espace public comme lieu de négociation démocratique des innovations et des choix scientifiques et technologiques et de la formation d'une nouvelle société civile.

Une nouvelle société civile ?

La thématique de la fragmentation, de la dissolution, de la « déliaison » (Gauchet, 2002) est fréquente dans la littérature (on note pour exemple le récent néologisme « dissociété » de Généreux, 2006). Une crise ou perte d'identité et de repères est également fréquemment évoquée. En référence à Weber, le thème du « désenchantement du monde » qui a égaré nos sociétés dans une modernité devenue anomique est à nouveau discuté (Gauchet, 2002). Saisir le social d'aujourd'hui conduit alors à rechercher des tendances sociétales profondes. Nous empruntons à Pestre (2003), Beck (1986/2001) et Giddens (1991) la plupart des réflexions qui suivent pour nous aider à comprendre les mutations actuelles et la multiplication des associations et des engagements de la « société civile ».

Un individualisme hyper-moderne est souvent évoqué. Pour Beck (1986/2001) et Giddens (1991), les jeunes des classes moyennes dans les conditions de la modernité avancée se libèrent de contraintes culturelles et structurelles traditionnelles. Dans un processus d'individualisation réflexive, les individus s'émancipent par rapport à la tradition, la religion, la moralité conventionnelle et la croyance inconditionnelle en la validité de la science (Vandenberghe, 2001). Se produisent une dissolution des appartenances à des structures traditionnelles telles que la nation, la classe sociale, la famille nucléaire et le genre. Une détraditionalisation, une globalisation culturelle et une scientificisation des comportements

peuvent être pointées comme jouant un grand rôle dans cette transformation radicale, mais le moteur principal de l'individualisation réflexive est pour Beck (1986/2001) le marché de l'emploi et ses nouvelles formes de management et de gestion. Il provoque l'effondrement progressif¹¹ des fondements de la société industrielle : la classe sociale, la famille, la division sexuée du travail et le mariage, « *tous imbriqués comme des poupées russes* » (Vandenbergh, 2001). Les sociétés post-industrielles sont marquées par la fin d'un type particulier de production et d'organisation (fordisme et taylorisme). De nouvelles relations au travail sont apparues comme le travail à temps partiel, en réseau, orienté par des projets. Autonomie, mobilité et flexibilité sont les valeurs promues dans ces nouvelles formes de gestion de la production. La classe ouvrière vécue comme « *élément positif de structuration sociale et politique* » tend à disparaître (Pestre, 2003, p. 87) et des groupes sociaux nouveaux ne se définissent pas par leur rapport à la production. Sont également considérées jouer un grand rôle dans la désinstitutionnalisation de la famille et la dissolution des appartenances traditionnelles, l'émancipation par rapport aux valeurs traditionnelles de solidarité, l'indépendance des individus permise par une redistribution anonyme, égalitaire et automatique lors des Trente Glorieuses et la consommation de masse (Pestre, 2003). L'identité sociale d'antan semble avoir été remplacée par des identités générationnelles, ethniques, culturelles ou de mœurs. Une grande diversité des modes d'existence peut être identifiée. Confrontés à une pluralité de styles de vie, « *les individus doivent choisir, produire, bricoler, façonner et mettre en scène leurs propres biographies.* » (Vandenbergh, 2001). Veltz (2000, pp. 10-13) considère également « *une aspiration des personnes à la mobilité des liens et à la conduite autonome des destinées.* » Il souligne qu'« *une réduction générale des engagements durables constitue une des lignes de force principales de l'individualisme moderne.* »

D'autres évoquent dans la même ligne une extension du privé et du choix de soi, pouvant permettre d'expliquer de fréquentes attitudes de désengagement, une personnalisation et un changement rapide des adhésions, une préférence médiatique, un affichage public de ses préférences, des revendications hédonistes et une mise en spectacle de soi. Pour Pestre (2003), « *un isolement de chacun dans le social* » est peut-être devenu un fait général. Pour

Beck (1986/2001), l'autonomie et l'absence de valeurs communes sont potentiellement liées. Chaque style de vie appelle une « *politique de reconnaissance* » (Guillebaud, 2003, p. 132). Des microsociétés dotées de nouvelles valeurs et comportements se développent, qui défendent des arts de vivre spécifiques et clos sur eux-mêmes (raveurs, hackers, mutants). L'Etat lui-même semble promouvoir ce que Legendre nomme le « *self-service normatif* » et renoncer à ses missions symboliques et instituant (Guillebaud, 2003, p. 123).

La montée de l'individualisme contemporain ou de l'autonomie du sujet constitue une transformation de fond majeure dans le social que Pestre (2003) relie aux nouveaux rapports à la technoscience. Dans la mesure où le sujet contemporain accepte plus facilement la diversité des points de vue et des choix (Gauchet, 2002), il accepte la nature limitée des rationalités qu'il mobilise pour gérer sa vie.

« *Il ne porte plus le projet des « Lumières extrêmes » [Corcuff, 2002], il ne croit plus à la possibilité de dire le vrai de tout, de tout anticiper et prévoir. [...] Le projet scientifique comme philosophie s'éloigne de lui – et il n'a plus besoin de cette certitude, de cette religion hors de la religion qui fondait le pacte laïc de la modernité. En cela, il a toute raison de regarder avec méfiance la technoscience qui semble vouloir lui imposer ses choix et contraindre ses modes de vie, et a toute raison de se vouloir plus responsable (de la planète par exemple) que ses aînés modernes.* » (Pestre, 2003, pp. 146-147).

À propos de questions scientifiques socialement vives, quelle(s) science(s) et quelle(s) société(s) ?

Retenons pour notre problématique de scolarisation de questions scientifiques socialement vives que les sciences fonctionnent différemment depuis une trentaine d'années. Les sciences, ou plutôt devrions nous dire plus judicieusement les technosciences, peuvent être caractérisées par une grande diversité de paradigmes et de pratiques et le pragmatisme gouverne leurs modes d'élaboration. Les modélisations et la simulation numérique jouent un rôle considérable dans les pratiques scientifiques actuelles. Enseigner de telles « *technosciences en train de se faire* » conduit à brouiller la référence savante majeure dans l'enseignement scientifique qui correspond essentiellement

à une science du XIX^e siècle. Cela soulève la question des conditions de viabilité des nouveaux objets que constituent des questions scientifiques socialement vives. Quelle peut-être leur « niche écologique » ? Comment un enseignement de la « science en train de se faire » peut-il s'articuler à un enseignement de savoirs établis ? Par ailleurs, au pluralisme des paradigmes scientifiques que nous venons d'évoquer peut correspondre un pluralisme des pratiques sociales, comme nous l'avons exploré plus haut. La nature du social d'aujourd'hui peut ainsi également être questionnée pour qui souhaite examiner le traitement de questions scientifiques socialement vives en classe. Une tendance sociale majeure à un individualisme hypermoderne nous apparaît faire écho à une perspective d'éducation citoyenne dans la mesure où une variété de valeurs, d'attitudes et de réponses se développent face aux problèmes technoscientifiques. Comment l'École peut-elle prendre en charge cette diversité ? Quelle attitude adopter face aux revendications individualistes ? Comment par exemple concilier approche éthique des problèmes technoscientifiques, respect des individus, de leurs croyances et opinions personnelles et demandes spécifiques de microsociétés possédant leurs propres valeurs (favorables au clonage humain par exemple) ? Concevons que répondre à ces questions n'est pas simple, mais les éluder nous apparaîtrait imprudent.

Ce double pluralisme pose la question de la diversité des sources de références possibles pour l'enseignement et rejoint un vif débat dans les didactiques des disciplines. Nous l'explorerons dans la dernière partie de cet article et discuterons les questions spécifiques que pose la scolarisation de questions scientifiques socialement vives.

Différentes finalités de l'enseignement des sciences et des techniques

Le contexte éducatif de l'émergence de recherches sur des questions scientifiques socialement vives peut être appréhendé selon nous en pointant plusieurs dynamiques actuelles : la promotion d'un enseignement des sciences qui contribue à une éducation à la citoyenneté et à la responsabilité, le développement des « éducations à »... la santé, la sexualité, l'environnement et le développement durable et le développement d'enseignements inter/pluridisciplinaires.

Ces orientations éducatives nous semblent en résonance avec les mutations sociales actuelles que nous avons discutées précédemment. L'enseignement agricole français¹² se situe en particulier dans un contexte social en pleine évolution. Ses missions éducatives sont directement liées aux orientations politiques concernant l'agriculture et dans les dernières décennies, diverses crises ont agité le monde agricole (« vache folle », dioxine dans les volailles, OGM, animaux clonés, pollutions des eaux, des sols...) et de nouvelles demandes sociales ont été exprimées en matière d'aménagement de l'espace, d'environnement, de qualité des produits, de sécurité alimentaire, de conditions de production, de « durabilité » des ressources. D'un objectif d'accompagnement du développement de l'agriculture, l'enseignement agricole a vu ses missions redéfinies autour de problématiques émergentes dans une perspective de développement durable¹³. Pour certains, nous vivons actuellement une « deuxième révolution agricole » du fait de la prise de conscience de perspectives nouvelles de développement pour l'agriculture afin de lutter contre la raréfaction des ressources pétrolières ou gazières et l'augmentation de l'effet de serre. La valorisation de la biomasse inscrit par exemple l'agriculture au cœur d'enjeux cruciaux pour notre société et notre planète¹⁴. En ligne avec ces nouvelles orientations de politique agricole, il ne s'agit plus de transposer des savoirs issus des organismes de recherche agronomique mais de créer des objets d'enseignement correspondant aux nouveaux enjeux qui interpellent la société, comme l'utilisation non alimentaire de produits agricoles (biomatériaux, biocarburants...), la valorisation énergétique de la filière bois, la préservation de la biodiversité, la gestion des ressources d'énergie, d'eau, les modifications climatiques, la sécurité alimentaire ...

Un tour d'horizon des filières de formation de l'enseignement agricole indique qu'en cohérence avec les récentes orientations éducatives liées aux nouveaux enjeux de l'agriculture, les programmes visent la prise en compte de préoccupations concernant le développement durable, l'environnement et l'alimentation. Des thèmes objets de controverses tels que les biotechnologies, les changements climatiques, l'énergie, l'eau y sont inscrits. Leurs enjeux sociaux doivent faire l'objet d'enseignements. L'organisation de débats argumentés est recommandée. Les finalités

éducatives portent sur le développement et l'exercice de la citoyenneté, la prise de conscience d'exigences éthiques et la réflexion critique sur des problèmes de société.

En ce qui concerne le contexte scientifique de l'émergence de recherches sur des questions scientifiques socialement vives, plusieurs éléments peuvent être identifiés : des recherches sur et pour une refondation du curriculum scientifique (Hodson, 2003), le développement de la culture scientifique et technique, une nouvelle alliance entre éducation aux sciences et à la citoyenneté et un intérêt accru pour l'argumentation en classe de sciences.

Le courant des questions socioscientifiques peut être situé dans la lignée d'autres mouvements de recherche en éducation aux sciences qui se sont développés depuis les années 1970 en réaction à une vision des sciences et de l'enseignement scientifique essentiellement positiviste. Il rejoint également à plusieurs égards les recherches en éducation à l'environnement et plus récemment en éducation à l'environnement pour un développement durable. Une finalité éducative de développement d'une épistémologie plus en phase avec les « sciences en train de se faire » n'est pas nouvelle. L'approche Sciences-Technologies-Sociétés ou Sciences-Technologies-Sociétés-Environnement s'est par exemple développée dans les années quatre-vingt afin d'intégrer l'enseignement des sciences à une entreprise plus vaste que strictement une affaire scolaire. Il s'agit alors de permettre aux étudiants de développer une connaissance profonde du monde dans lequel ils vivent et les disciplines scientifiques dans ce cadre doivent prendre en compte des préoccupations sociales.

Par ailleurs, le mouvement d'appréhension publique des sciences¹⁵ a mis l'accent sur les différentes façons dont des adultes issus du grand public s'engagent en sciences. Leurs motivations sont rarement strictement de nature cognitive (Jenkins, 1997).

Plus récemment, le développement de la culture scientifique et technique¹⁶ pour tous, futurs scientifiques ou non, est devenu un axe majeur des enseignements dans de nombreux pays et soulève de nombreux débats chez les chercheurs. Tandis que certains y voient une possibilité de « réconcilier »

élèves et citoyens avec les sciences et les technologies, d'autres évoquent une reproduction de modèles anciens sous un nouvel étendard et la nécessité de s'engager dans une refondation des programmes au vu d'évolutions sociales majeures. Plusieurs orientations peuvent être identifiées dans les recherches selon les visées éducatives, la nature des savoirs mobilisés, l'importance de l'engagement en et avec la société. Selon une visée utilitaire ou pragmatique, on considère que les futurs citoyens seront mieux en mesure d'affronter les problèmes s'ils ont une base de connaissances scientifiques. Selon une thèse démocratique, il s'agit d'habiliter les élèves à négocier avec les savoirs experts et à participer aux controverses socioscientifiques et sociotechniques, à prendre des décisions raisonnées à leur propos. Selon une dimension culturelle de l'alphabetisation scientifique, il s'agit de considérer les sciences comme une entreprise culturelle et sociale comme l'art, la musique et la littérature (Leach & Lewis, 2002). L'éducation scientifique dans ce cadre doit ainsi être considérée en fonction d'un projet de société et non pas en fonction de contenus des disciplines scientifiques. Se dessine ici une ligne de partage entre deux visions de la culture scientifique. Dans une vision, il s'agit d'enseigner des contenus scientifiques pour eux-mêmes (Roberts, 2007, p. 729). Les savoirs scolaires sont établis en référence à la science savante, et considérés sans implication en société. Le développement de la culture scientifique se définit dans ce cadre dans un sens absolu et comme opérant dans un vide social (Laugksch, 2000, p. 83).

Dans une autre vision, les savoirs scolaires sont définis en référence à l'implication en société. Il s'agit de choisir des situations pour lesquelles la science peut légitimement être vue comme pouvant jouer un rôle dans d'autres affaires humaines (Roberts, 2007, p. 729) ou des situations avec une dimension scientifique que les étudiants peuvent rencontrer en tant que citoyens (*Ibid.*, p. 730). Dans cette approche, la culture scientifique est un concept relatif et socialement défini qui diffère selon les époques, les régions géographiques, les communautés ou les conditions sociales.

Par ailleurs, l'argumentation en classe de sciences est devenu un thème majeur des recherches en éducation aux sciences (Kelly & Takao, 2002; Sandoval & Millwood, 2005, Erduran & Jiménez-

Aleixandre, 2007). L'intérêt pour l'argumentation en classe peut-être relié au développement de théories de la cognition et de l'apprentissage dans une perspective situationniste (Brown *et al.*, 1989; Greeno, 1998) qui ont transformé les visions des classes de sciences comme dépositaires de faits scientifiques pour les concevoir comme des environnements destinés à favoriser une participation entre les apprenants (Lave & Wenger, 1991). Dans ces communautés discursives ou communautés de pratiques, les élèves ne font pas qu'apprendre des contenus scientifiques ou réaliser des activités, il s'agit plus largement d'une acculturation aux sciences (Kelly, Druker, & Chen, 1998; Jiménez-Aleixandre, Bugallo-Rodriguez, & Duschl, 2000). Cette acculturation ou familiarisation avec le monde des sciences et des scientifiques implique l'apprentissage de pratiques scientifiques. Il peut s'agir de développer une compréhension conceptuelle, des habiletés expérimentales mais cela implique aussi de comprendre la nature et les normes de l'investigation scientifique ainsi que les pratiques discursives des scientifiques. Selon cette approche, l'argumentation est considérée comme un élément-clé pour comprendre la dimension sociale de l'activité scientifique (Driver *et al.*, 2000). Par extension, l'argumentation doit jouer un grand rôle dans les classes de sciences (Duschl & Osborne, 2002). Les travaux sur l'argumentation peuvent croiser des recherches sur des questions socioscientifiques (Osborne, Erduran, & Simon, 2004; Simonneaux, 2003; Zohar & Nemet, 2002). Dans ce cadre, les questions socioscientifiques constituent des thèmes privilégiés pour engager les élèves à débattre et argumenter en classe ou à comprendre le rôle de l'argumentation dans l'élaboration des savoirs scientifiques.

Une perspective d'éducation citoyenne

L'enseignement des questions scientifiques socialement vives s'inscrit dans le cadre de ces débats sur une éducation aux sciences plus citoyenne et rejoint la perspective de démocratisation des technosciences pour tous. Il s'agit de permettre aux citoyens de comprendre et de participer aux débats de nos sociétés modernes sur des problèmes socioscientifiques et technoscientifiques toujours plus complexes (Driver, Leach, Millar, & Scott, 1996; Bader, 2003; Kolstø, 2001; Sadler, 2004).

Théorisation naissante des recherches sur des questions socialement vives

Des recherches se sont ainsi développées dans le champ des didactiques disciplinaires sur des questions socialement vives en sciences, sciences économiques, sociales et de gestion, histoire, géographie. Une généalogie du terme permet d'identifier dès 1997 un appel à une refondation du curriculum de l'École obligatoire, en crise dans les formes et contenus de l'étude, dont la première étape consiste à cerner les questions vives qui se posent aux hommes d'aujourd'hui (Chevallard, 1997). Le curriculum est hérité de choix formulés il y a 200 ans dans une société différente de celle d'aujourd'hui et, se basant sur « *l'exigence démocratique dans la production de la société* », Chevallard (1997) propose de « redéfinir les formes et les objets d'un *pacte national d'instruction*¹⁷ » à partir de questions vives, plutôt que de se baser « *sur une liste a priori de savoirs (ou, plus généralement, d'œuvres)* ». Le terme de « *questions socialement vives* » est ensuite utilisé par Legardez (1999, p. 49) pour désigner des objets de savoirs économiques, sociaux et de gestion dont la transposition didactique peut s'avérer particulièrement délicate du fait de leur vivacité sociale. Dans le domaine des savoirs scientifiques, Simonneaux (2001, p. 234) emploie l'expression « *question vive* » dans le cadre de ses recherches sur l'argumentation d'élèves dans le champ des biotechnologies.

Interrogeant dans une perspective d'écologie des savoirs les enseignements de sciences économiques, sociales et de gestion, les recherches développées par Legardez rejoignent sur plusieurs points les questions soulevées par l'intégration de thèmes controversés dans l'enseignement des sciences en lycée agricole (biotechnologies, climat, énergie, biodiversité) : caractère pluriparadigmatique des savoirs de référence, traitement pluridisciplinaire recommandé dans les programmes, visée d'éducation citoyenne explicite. La problématique de la production de savoirs scolaires en sciences économiques, sociales et de gestion a ainsi enrichi le questionnement sur l'enseignement de questions scientifiques controversées « *socialement vives* ». Legardez (2006, p. 21-22) définit une question *triple*ment socialement vive comme « *vive dans la société : [...] elle est considérée comme un enjeu par la société (globalement ou dans certaines de ses composantes) et suscite des débats (des*

« disputes » aux « conflits ») ; elle fait l'objet d'un traitement médiatique tel que la majorité des acteurs scolaires en ont, même sommairement connaissance », [...] vive dans les savoirs de référence : il existe des débats (des « controverses ») entre spécialistes des champs disciplinaires ou entre les experts des champs professionnels, [...] vive dans les savoirs scolaires. [...] Les élèves y sont alors directement confrontés, ainsi que les enseignants qui se sentent souvent démunis pour aborder un type de questionnement étranger à leur modèle pédagogique de référence. » Legardez (2006) évoque par ailleurs des degrés de vivacité différents selon les questions. Certaines peuvent être « émergentes » (OGM ou mondialisation par exemple), d'autres « latentes » (le racisme, l'entreprise) ou « résurgentes » (l'énergie). Larochelle et Désautels (2006, p. 75) soulignent par ailleurs que d'autres sont « oubliées » (saturnisme ou paludisme par exemple). Ainsi, les « questions scientifiques socialement vives » ne sont pas toujours des « questions d'actualité » (Legardez, 2006, p. 22). Dans l'enseignement, ces objets ne se présentent que rarement sous une forme explicite de questionnement. Ainsi, il ne s'agit pas toujours de questions. L'expression « question socialement vive » regroupe alors des thématiques objets de controverses en sciences et en société, ne se présentant pas toujours sous la forme de questions et dont la vivacité est variable. De tels thèmes peuvent être privilégiés pour engager les élèves à débattre et argumenter en classe ou à comprendre le rôle de l'argumentation dans l'élaboration des savoirs scientifiques (Simonneaux, 2006).

Positionnement des recherches sur des questions scientifiques socialement vives

Il est hors propos ici de détailler les recherches menées. Signalons que leur classement est une activité difficile. Nous pensions initialement structurer cette revue de littérature autour des enjeux éducatifs indiqués dans les recherches car ils renvoient à un questionnement sur les finalités de l'école et de l'éducation scientifique dans la société d'aujourd'hui. Mais la formation du citoyen est la finalité généralement exprimée dans toutes les recherches menées dans le courant des questions scientifiques socialement vives. Toutefois, si toutes les recherches se réfèrent à une éducation citoyenne, une analyse des travaux montre une grande diversité dans les appro-

ches. À des fins analytiques, deux options extrêmes peuvent être identifiées. L'une attribue une finalité émancipatoire au traitement de questions socioscientifiques. Il s'agit, si nous traduisons le terme anglais « empower » souvent utilisé et illustratif de cette tendance, de donner pouvoir aux élèves pour participer aux débats publics et prises de décisions en matière technoscientifique et pour participer à la configuration de la société. À une autre extrémité, il s'agit de concevoir les questions socioscientifiques comme moyen de favoriser l'apprentissage de savoirs scientifiques. Adoptant cette catégorisation comme outil heuristique, la littérature peut ainsi être approchée plus facilement en considérant les différentes approches entre les deux options extrêmes que nous venons de définir.

Principaux résultats

Dans les recherches visant la formation des élèves à l'action sociale sur des questions socioscientifiques, les élèves ont été confrontés à des problèmes authentiques ou fictifs et se sont montrés capables d'élaborer des solutions, de prendre des décisions et d'envisager des alternatives. L'argumentation des élèves implique des valeurs, personnelles ou socialement partagées et se fonde sur des préoccupations de nature sociale ou écologique (Hogan, 2002 ; Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002 ; Patronis *et al.*, 1999). Des principes moraux de justice et de responsabilité jouent un grand rôle dans les prises de décision des élèves (Pedretti, 1999). Ils identifient des forces sociales et politiques dans les controverses (Pedretti, 1999), discutent également dans les domaines épistémologique et éthique, considérés comme indépendants (Larochelle & Désautels, 2001), et se préoccupent de l'incertitude (Hogan, 2002).

La mobilisation par les élèves de connaissances scientifiques est diverse selon les situations. Les recherches tendent à indiquer que lorsque des situations d'enseignement sont spécifiquement élaborées pour favoriser en classe l'établissement d'« une communauté de production de savoirs » (Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002), les élèves sont aptes à se détacher d'une culture et d'une rhétorique scolaire qui les placent comme consommateurs acritiques de savoirs. On note également dans ce cas que les élèves ont argumenté de façon similaire à un

expert scientifique et soulevé des critiques sur les discours experts. Dans d'autres recherches, les critiques spontanément pratiquées par les élèves s'adressent essentiellement à leurs pairs et portent plus rarement sur les sciences et les scientifiques (Laroche & Désautels, 2001), ce que ces auteurs considèrent être en lien avec une rhétorique scolaire courante sur les sciences, à caractère empirico-réaliste.

En outre, l'ensemble des recherches dont l'enjeu est de faire comprendre aux élèves la nature des sciences et d'évaluer des expertises sur des controverses socioscientifiques met en lumière le rôle minimal des connaissances scientifiques. Pour expliquer les désaccords entre scientifiques, ils mobilisent deux registres, l'un à caractère épistémologique avec la notion de preuve empirique, l'autre social (Driver *et al.*, 1996), en compartimentant ces deux registres. Dans ces recherches, la preuve est vue comme la clé de la résolution de la controverse. Une conception réaliste et progressiste des sciences légitime une survalorisation de l'expertise scientifique (Bader, 2003). Une remise en cause de l'autorité accordée à l'expertise scientifique est identifiée lors de deux délibérations estudiantines mais est disqualifiée au sein des groupes. Dans une autre recherche sur la simulation en classe d'une conférence de consensus sur le réchauffement climatique (Schweizer & Kelly, 2001), des discours critiques des élèves remettant en question les fondements des arguments des experts ont également été identifiés. Ces résultats peuvent être interprétés comme des ouvertures à une complexification des points de vue des jeunes sur les sciences et leur socialité afin de déconstruire une épistémologie réaliste qui conduit à considérer les sciences comme une lecture directe de la nature et à s'en remettre aux experts lorsque confrontés à une controverse de la science en train de se faire.

Concernant la finalité de prise de décision réfléchie ou argumentée face à des controverses socioscientifiques les recherches montrent qu'il s'agit de phénomènes complexes. Plusieurs tendances peuvent toutefois être identifiées.

La mobilisation de connaissances scientifiques par les élèves est minimale. La notion de preuve empirique joue un rôle majeur dans les prises de décision des élèves dans le sens où son absence dans le contexte d'une science en train de se faire conduit

à ne pas prendre de décision ou à la baser sur des considérations personnelles, sociales, épistémologiques ou des valeurs.

Il est frappant de constater que la seule recherche où des considérations sociales sont articulées à des connaissances scientifiques propose aux élèves une situation sollicitant la relation entre ces deux aspects (Yang & Anderson, 2003). D'autres recherches proposant des scénarios centrés sur une dimension morale ou affective d'une controverse socioscientifique conduisent à des résultats où ces dimensions sont prépondérantes dans les arguments des élèves (Sadler & Zeidler, 2004). Les étudiants procèdent à une analyse des conséquences et une application de principes moraux. Plusieurs mentionnent explicitement la religion comme facteur important dans leurs prises de décision. Les étudiants relient également les scénarios à leur expérience personnelle ou à celle de leurs proches. L'émotion est également impliquée dans les décisions que les élèves prennent face aux scénarios, en particulier dans le cas du clonage reproductif où l'empathie est très présente. Enfin, la référence à des savoirs socialement partagés et l'impact de la culture populaire (littérature, cinéma, médias) a été observée.

Enfin, si des élèves ont montré, dans des enseignements centrés sur la prise de décision, une habileté à identifier des options possibles et à identifier des critères au cours de la discussion (Ratcliffe, 1997, p. 175), des difficultés à utiliser systématiquement ces critères dans le raisonnement ont également été identifiées. De plus, les élèves n'évaluent pas leur prise de décision. Des difficultés dans les interactions entre élèves dans les groupes de discussion ont potentiellement limité l'apprentissage d'une prise de décision raisonnée.

D'autres recherches ont porté sur l'argumentation des élèves à propos de questions socioscientifiques. Leurs résultats rejoignent ceux sur l'évaluation des discours des experts et les prises de décision d'élèves sur le fait que les connaissances scientifiques sont rarement mobilisées. Les élèves argumentent essentiellement en s'appuyant sur leurs propres idées et connaissances, développées en dehors de l'école, leur expérience personnelle et leurs valeurs.

Sadler & Fowler (2006) ont montré que l'argumentation d'élèves et d'étudiants avec des connais-

sances en génétique différentes sur des scénarios liés au génie génétique n'est pas différente. Tous les élèves tendent à se centrer sur des questions socio-morales similaires. Toutefois, les étudiants universitaires en sciences se réfèrent fréquemment à des connaissances scientifiques pour justifier leurs affirmations. Le thème récurrent dans les réponses face aux trois scénarios est celui des convictions religieuses, des normes sociales ou morales.

D'autres recherches se sont centrées sur l'évaluation de différentes situations de débat sur la qualité de l'argumentation des élèves (Molinatti, 2005 ; Simonneaux, 2003). En ce qui concerne la qualité de l'argumentation, les recherches présentent des résultats contrastés. Elles mettent en lumière le rôle différent joué par l'écrit et l'oral. Les productions écrites des élèves montrent une amélioration de l'argumentation (Zohar & Nemet, 2002). Les élèves se sont appropriés les outils présentés lors des formations à l'argumentation. L'impact de ces formations sur les pratiques argumentatives à l'oral est plus modeste (Simonneaux & Simonneaux, 2005). Différentes hypothèses interprétatives ont été formulées à ce propos. Des facteurs sociaux pourraient jouer un grand rôle et freiner l'amélioration des compétences argumentatives des élèves. L'influence de la coutume scolaire sur les arguments élaborés par les élèves est également pointée. Un assujettissement du discours des élèves au rapport institutionnel avec l'enseignant, qui est aussi souvent le gestionnaire des débats, est soulevé. Les contextes épistémologiques et sociaux en classe sont des éléments importants à considérer pour élaborer des activités destinées à favoriser l'argumentation. Pour Osborne *et al.* (2004), des interventions courtes pour former les élèves à l'argumentation ne suffisent pas. C'est une formation des enseignants à développer l'argumentation des élèves qui est nécessaire.

Beaucoup de recherches supposent une relation positive entre apprentissage de contenus scientifiques et raisonnement et argumentation à propos d'une question scientifique socialement vive. Mais peu de travaux ont porté sur l'exploration de la thèse, souvent implicite, selon laquelle la compréhension des concepts scientifiques en jeu dans une question socioscientifique améliore le raisonnement et les prises de décision sur la question. Dans la recherche de Yang (2004), les concepts utilisés par

des étudiants de 15-16 ans et le nombre de mise en réseau de ces concepts augmentent significativement après un enseignement STS sur l'utilisation de nappes phrétiques.

Par ailleurs, des recherches indiquent que des situations d'enseignement visant spécifiquement à développer la compréhension et l'usage des concepts scientifiques en jeu dans des questions socioscientifiques peuvent être fructueuses. Lewis & Leach (2006) soulignent par exemple qu'un apprentissage des bases scientifiques pour parvenir à engager des élèves de 14-16 ans dans une discussion raisonnée sur des technologies génétiques est relativement modeste et peut être réalisé avec des interventions courtes mais soigneusement construites.

L'enseignement de et par des controverses socioscientifiques et sociotechniques

Enjeux éducatifs et théoriques

L'enjeu éducatif de nos recherches consiste à viser un usage critique et raisonné de l'expertise et une participation démocratique aux débats publics, procédures d'expertise et prises de décisions en matière technoscientifique.

Nous avons mené plusieurs types de recherche. Elles impliquent à la fois une approche analytique et propositionnelle. Nos travaux ont porté sur l'appropriation des controverses sur le réchauffement climatique, l'énergie et les technologies de la téléphonie mobile par des élèves, des enseignants et sur la conception et l'évaluation de situations d'enseignement et de formation. Les situations conçues peuvent remplir dans certains cas la double fonction de recueil de données pour l'analyse et d'activité d'enseignement ou de formation. Nos travaux visent à identifier des conditions de viabilité de l'étude des controverses socioscientifiques en classe. Il s'agit d'élaborer une « écologie » des questions scientifiques socialement vives. Il ne peut y avoir transposition de savoirs savants au sens de Chevallard (1991) dans le cas d'une « science en train de se faire » porteuse d'ignorances, de questions, d'incertitudes, de savoirs controversés et non stabilisés et de « savoirs naturels » divers.

Les programmes, les manuels offrent aux enseignants un texte du savoir à enseigner, mais dans le cas des questions socialement vives, celui-ci ne s'appuie pas sur des savoirs ou pratiques de références incontestés, établis dans des communautés savantes, expertes ou professionnelles. Au contraire, les savoirs et pratiques sont objets de controverses et en émergence dans différents groupes, certains de ces groupes se structurant d'ailleurs en fonction de la dynamique et de la vivacité de la controverse, ce que Callon *et al.* (2001) nomment des « groupes concernés ». Des structures hybrides réunissant différents protagonistes des controverses (scientifiques, journalistes, industriels, citoyens ..) élaborent également des connaissances et des arguments sont portés par des acteurs différents. Dans ce contexte, quel savoir peut-être reconnu comme un « savoir expert » à propos de telles controverses ? À quelle institution serait reconnue l'autorisation de « dire le vrai » (Stengers, 1993), de « dire la culture » (Johsua, 1997) ?

L'enseignant ne peut s'appuyer qu'en partie sur le travail de la noosphère mais il est placé en situation de prendre à sa charge la responsabilité nouvelle de la mise en forme de savoirs et pratiques de référence sur ces questions vives, leur articulation avec les savoirs scientifiques du programme, qui sont eux transposés de savoirs savants établis, et une organisation du temps didactique qui peut être différente pour traiter ces questions. Un grand espace de choix possibles se dessine et si la liberté créative des enseignants peut apparaître très importante dans ce cas, leur responsabilité peut par ailleurs être écrasante. Les enseignants peuvent être conduits à décider de l'enjeu éducatif des situations didactiques élaborées et à en rendre compte. Pourquoi tel objet d'enseignement plutôt que tel autre ? Pourquoi telle méthodologie ? (analyse sociale des technosciences ? étude des argumentations ? analyse des médias ? ...). Qu'est ce qui fonde les choix des enseignants ? La question des références est cruciale pour qui souhaite appréhender l'enseignement de controverses scientifiques socialement vives. Pour de telles controverses, les incertitudes scientifiques priment, les expertises sont mises en débat et des références autres que savantes jouent un grand rôle.

Si, de manière générale, la « mise en textes du savoir » assure sa dépersonnalisation et une désynchronisation qui permet d'extraire le savoir du contexte

épistémologique dans lequel il a été développé, ces mécanismes de la transposition didactique apparaissent impossibles pour des savoirs en train de se construire dans des communautés savantes aux cadres théoriques, méthodologiques, pratiques, instrumentaux différents. Les incertitudes priment et les désaccords et controverses constituent le « milieu natal » de l'élaboration des savoirs (Stengers, 1997). Gommer les processus d'élaboration des savoirs reviendrait à obérer les possibilités de développer une compréhension de la controverse.

L'entrée que nous privilégions pour nos recherches est celle du fonctionnement social et épistémologique des savoirs. Les questions scientifiques socialement vives impliquent selon nous d'examiner la nature et l'élaboration des controverses, en s'appuyant sur des approches didactiques enrichies par l'épistémologie, la sociologie des sciences et l'histoire sociale et culturelle des sciences dans un contexte social actuel marqué par de profondes mutations de la nature des (techno)sciences elles-mêmes et de leurs modes d'élaboration et une redéfinition des règles de base liant les citoyens et l'état, entre autres en matière de politique et de recherche scientifiques (Pestre, 2003 ; Jasanoff, 2004).

Notre cadre théorique est construit en s'appuyant sur notre finalité de recherche et la perspective constructiviste adoptée sur le plan épistémologique et en éducation. Notre positionnement épistémologique sur les sciences et leurs modes d'élaboration nous éloigne des approches mentalistes de l'apprentissage. Notre ancrage théorique est celui de la cognition située, en cohérence avec le modèle constructiviste de la connaissance, dont les connaissances scientifiques, que nous avons adoptées. Nos hypothèses d'apprentissage se situent dans une perspective socio-constructiviste qui met l'accent sur le rôle des interactions sociales et de la médiation par le langage. À des fins analytiques, nous avons également dû emprunter plusieurs éléments à la didactique, à la sociologie des sciences, et à la psychologie sociale.

Principaux résultats

Nous avons examiné comment des élèves se représentent des controverses socioscientifiques, les problématisent, argumentent et prennent des

décisions à leur propos (dangerosité des téléphones cellulaires, controverses autour de l'énergie et des changements climatiques).

Nos recherches montrent qu'élèves et étudiants appréhendent de telles controverses socioscientifiques en s'appuyant sur une diversité de références parmi lesquelles les savoirs scientifiques et technologiques sont rarement mobilisés (Albe, 2005a&b). Des connaissances profanes et épistémologiques jouent un rôle majeur. Les prises de décision s'appuient sur des considérations personnelles et une estimation des modes d'élaboration des sciences. Nos résultats confirment une surestimation du rôle des preuves empiriques dans la résolution des controverses (Albe, 2008).

L'usage de la notion de « système de représentations-connaissances » (Legardez, 1999) nous a permis en outre de mettre en lumière l'influence des médias dans les savoirs naturels d'élèves et d'enseignants à propos des controverses sur le changement climatique (Albe, 2004; 2007b).

Par ailleurs, viser une compréhension de l'argumentation des élèves dans le cas de questions socioscientifiques implique selon nous d'analyser le contenu et les procédés d'argumentation des élèves en contexte d'interaction. Une originalité de nos recherches réside ainsi dans la prise en compte de la dimension sociale de l'argumentation et dans l'étude des stratégies rhétoriques développées par les élèves (Albe, 2006). Lorsqu'ils débattent à propos des controverses sur les technologies de la téléphonie mobile, les élèves s'appuient sur un répertoire argumentatif riche. Ils mobilisent plusieurs domaines de référence, se réfèrent essentiellement au registre scientifique, mais argumentent également sur le plan épistémologique et en s'appuyant sur leurs expériences personnelles ou celles de leur groupe social d'appartenance (Albe, 2005c). Les élèves développent des stratégies d'argumentation collaborative complexes par exemple lorsqu'un élève fait une proposition, reprise ou développée par un autre, et prolongée dans les successions de tours de parole. Ceci peut avoir lieu entre plusieurs membres du groupe de discussion mais le plus souvent en dyades.

L'analyse des procédés argumentatifs que les élèves développent en petits groupes de discussion montre comment des facteurs épistémologiques,

contextuels, et sociaux influencent l'argumentation collaborative dans ces situations. La co-construction d'arguments en dyades se produit lorsque les élèves adoptent des rôles sociaux distincts, l'un agissant comme un « leader » et l'autre comme un « aide » qui collabore avec le leader. Lorsque ces élèves expriment des positions opposées ou lorsque la discussion n'est pas menée par le « leader », des confrontations contradictoires apparaissent et ne peuvent pas être dépassées par la discussion. À une occasion, un élève dans un rôle d'« aide » soulève des critiques et son intervention crée une opportunité d'argumentation collaborative entre l'élève adoptant le rôle de « leader » et un autre élève agissant comme « aide ».

Lorsqu'ils se réfèrent au registre scientifique en se basant sur les expertises des recherches qu'ils ont réalisées, les élèves développent des arguments impliquant la plupart du temps une stratégie d'argumentation fallacieuse : présentation partielle ou partielle des résumés de recherche, généralités vagues. Ils jettent également le trouble ou la confusion en ayant recours à des erreurs sur la cause ou en développant des discours biaisés. Les élèves font par ailleurs appel à l'autorité lorsqu'ils accordent un grand crédit aux recherches dans un procédé qui s'apparente à une fétichisation des institutions. Ils développent également des argumentations fallacieuses en mobilisant des connaissances personnelles ou socialement partagées, par exemple en opérant une classification hâtive ou en invoquant l'absence de précédent. À une occasion, a été identifiée une stratégie de temporisation qui vise à empêcher la discussion. Nous n'avons pas identifié d'argumentation fallacieuse sur un plan épistémologique.

Considérant que les résultats de l'apprentissage sont liés aux situations dans lesquelles ils ont été générés, nous menons une analyse rétrospective. Les résultats obtenus selon une approche de recherche interprétative alimentent une analyse réflexive des situations didactiques élaborées qui elle aussi possède un caractère situé. Selon un processus itératif, les résultats d'une telle analyse réflexive peuvent conduire à élaborer de nouvelles situations pour l'enseignement et la recherche en didactique comportant les deux dimensions propositionnelles et interprétative. Nous y reviendrons lorsque nous nous orienterons vers une élaboration théorique.

Contrairement à des recherches où les discussions entre élèves en petits groupes portent principalement sur des aspects procéduraux des activités (Bianchini, 1997 ; Kittleson & Southerland, 2004), les élèves dans nos travaux se sont montrés aptes à appréhender la controverse des téléphones mobiles, à expertiser des recherches et élaborer des arguments sur la question. Soulignons cependant que les analyses conduites tendent à indiquer une évolution vers plus d'incertitude et une centration sur la preuve empirique. L'étude de controverses socio-scientifiques apparaît comme une activité porteuse de grandes exigences sur le plan social et épistémologique. Le statut académique, estimé par les notes obtenues par les élèves, semble être un facteur d'influence dans les rôles adoptés par les élèves dans leurs discussions de groupe. Confrontés à une science « en train de se faire », et défendant des points de vue opposés, les élèves peuvent être tentés d'argumenter pour convaincre et gagner le jeu de rôle plutôt que de s'engager dans l'étude de la controverse, ce que la mobilisation fréquente de stratégies fallacieuses au cours du jeu de rôle tendrait à indiquer. Ceci constitue une limite de la situation mise en œuvre et ouvre dans le même temps des voies pour de futures recherches destinées à proposer des situations d'enseignement et d'apprentissage de controverses socioscientifiques et approfondir la compréhension de leur appréhension par des élèves.

Nous avons également mené des travaux pionniers sur les intentions et pratiques d'enseignement sur ces savoirs controversés, incertains, porteurs d'enjeux sociaux dans le cadre de l'enseignement des sciences ou en pluridisciplinarité.

Les intentions et pratiques déclarées d'enseignement de questions scientifiques socialement vives d'enseignants de sciences indiquent une centration sur les faits scientifiques et une insécurité pour traiter de questions sociales et éthiques (Albe & Ruel, 2007 a&b). L'absence de « vérité universelle » apparaît pour les enseignants comme une difficulté qui confinerait le débat à des conflits d'opinions entre élèves, qu'ils décrivent comme stériles au plan pédagogique et dont la gestion leur poserait des difficultés en termes d'éthique et de responsabilité enseignante. Par ailleurs, dans un contexte pluridisciplinaire, nous avons montré une mise en débat scolaire de questions sociales sans problématisation disciplinaire ou

recombinaison sur un mode pluri ou interdisciplinaire (Albe & Lelli, 2006).

Nos travaux montrent également une faible connaissance des controverses scientifiques par des enseignants de sciences, essentiellement via les médias ou la vulgarisation scientifique. Sous l'effet de contraintes différentes qui relèvent de la professionnalité enseignante et de conceptions sur la nature des sciences, nous pouvons comprendre que les enseignants opèrent une dichotomie entre questions de sciences, non objets de controverses ou objets de controverses méconnus, et questions de société, matières à polémiques et problématiques pour l'enseignement selon un « paradigme positiviste, laïc et républicain » (Tutiaux-Guillon, 2006).

Notre orientation vers une théorisation

Les recherches que nous avons menées nous invitent à nous hisser au niveau d'une exigence plus globale pour saisir la faisabilité d'enseignements de controverses socioscientifiques.

Des « savoirs naturels », socialement légitimes et localement validés, ainsi que pratiques d'utilisation et de consommation de ces technosciences jouent un grand rôle pour l'étude des controverses à leur propos. Comment sont pris en compte en classe les différents types de savoirs et pratiques sociales à propos de controverses socioscientifiques ? Quelles fonctions didactiques, autrement dit quels rôles en termes d'apprentissage, les questions scientifiques socialement vives assurent-elles ? Comment s'articulent-elles avec l'enseignement d'objets de savoirs plus traditionnels ? Autrement dit, comment les objets nouvellement introduits dans les programmes s'intègrent-ils aux éléments anciens qui n'ont pas été modifiés ? Alors que la science en train de se faire est marquée par les incertitudes scientifiques, quelle est sa « niche écologique » dans un enseignement de savoirs établis ?

Ce questionnement nous indique qu'étudier et comprendre les modalités d'existence de controverses socioscientifiques en classe amène à orienter nos recherches sur une finalité théorique pour explorer l'environnement épistémologique et le système de contraintes qui pèsent sur les actes didactiques. En

cohérence avec notre positionnement épistémologique, nous considérons que le caractère contingent des analyses qui peuvent être menées éloigne de toute ambition d'établir des lois générales. Ce sont les processus singuliers de construction de controverses socioscientifiques dans le champ scolaire qu'il s'agit d'analyser. La viabilité didactique de controverses socioscientifiques n'est selon nous saisissable qu'à partir de théorisations humbles (Cobb, Confrey, Di Sessa, Lehrer, & Schauble, 2003) au sens où d'une part, ces théorisations sont étroitement liées à des situations d'enseignement-apprentissage spécifiques, et d'autre part, constituent des outils pour la conception de telles situations.

Nous proposons une modélisation relativement ouverte et souple pour remplir une double fonction analytique et propositionnelle sur la scolarisation de controverses socioscientifiques (Albe, 2007c). Notre construction théorique s'appuie sur des théories et concepts issus des didactiques francophones des mathématiques, des sciences et des technologies, est étayée par notre analyse d'autres modélisations dans le courant des socioscientific issues dans le champ de l'éducation aux sciences anglophone, et des pratiques enseignantes dans le champ des sciences de l'éducation. Nous avons retenu certains éléments de ces modèles.

Selon la méthodologie des recherches sur la conception de situations d'enseignement et d'apprentissage (*design-based research*), la construction de séances s'appuie sur des éléments théoriques et conduit à la mise en œuvre dans des contextes authentiques des situations conçues, et à leur analyse. Selon un procédé itératif, cette analyse permet par la suite une re-conception de séances et contribue à une meilleure compréhension des éléments théoriques initiaux. Le processus de modélisation se développe ainsi lors de confrontations répétées des constructions théoriques aux pratiques de classe. Les théories élaborées dans ce cadre sont ainsi dites « humbles » (Cobb *et al.*, 2003) par leur caractère local et leur caractéristique de constituer également des outils pour l'action. Les différents cycles d'itération permettent de cerner les éléments « robustes » du modèle qui résistent à la confrontation de la contingence de la classe et au débat scientifique, en ligne avec une conception des sciences comme « ajustement robuste » entre théories, interprétation et analyse

des données, instruments, et connaissances d'autres équipes de recherche.

Modèle d'une écologie des controverses socioscientifiques

Nous proposons d'étudier les dispositions à l'engagement dans l'étude de controverses et de les caractériser par la prise en considération de trois dimensions (Figure 1). Précisons que l'usage du terme de « disposition » ne réfère pas selon nous à des caractéristiques psychiques mais vise à nous outiller pour décrire et interpréter des pratiques d'enseignement et d'apprentissage et leur degré de confrontation aux controverses.

Une dimension épistémologique porte sur la confrontation aux savoirs et pratiques de référence en jeu dans les controverses socioscientifiques. Nous avons discuté précédemment de la diversité possible de ces références étant donné que des groupes sociaux différents (scientifiques, experts, associations...) élaborent des savoirs et développent des pratiques sociales à propos de telles controverses. Il ne peut exister de réponse unique qui fermerait la controverse, et la science n'est pas en mesure de « dire le vrai », ce qui entre en rupture avec un enseignement des sciences dans lequel l'enseignant apporte ou institutionnalise *in fine* les réponses à un problème, y compris lors des approches de débat scientifique scolaire ou d'enseignement des sciences par problèmes. Une analyse sociale et épistémologique des controverses sur une question scientifique socialement vive nous confronte à l'univers de la recherche scientifique et technique, invite à identifier le contexte sociopolitique des différentes positions débattues et à explorer les fondements et usages des arguments produits. Une telle analyse comporte une dimension critique et peut constituer un préalable à la construction de situations d'enseignement ou servir de référence pour identifier les différents savoirs en jeu à propos de telles controverses.

Par ailleurs, des études empiriques ont montré une focalisation sur les seuls savoirs scientifiques ou les contenus conceptuels des programmes de sciences traditionnels. Des difficultés pour aborder en classe des questions qui relèvent de registres multiples ou

pour problématiser de façon pluri ou interdisciplinaire des questions scientifiques socialement vives ont également été identifiées dans des recherches, dont les nôtres. La dimension épistémologique des dispositions à la controverse vise à permettre d'étudier comment est prise en compte en classe la diversité des savoirs et pratiques de référence à propos de controverses socioscientifiques.

Une autre dimension porte sur la confrontation d'idées et de paroles des élèves entre elles. Nous proposons de désigner cette dimension des dispositions à la controverse par le terme « dimension de communication ». Nous nous référons ici aux dispositions pour tenter un dialogue à travers des différences comme le propose Levinson (2006) et à la notion de discours d'exploration¹⁸ de Mercer (1997)¹⁹.

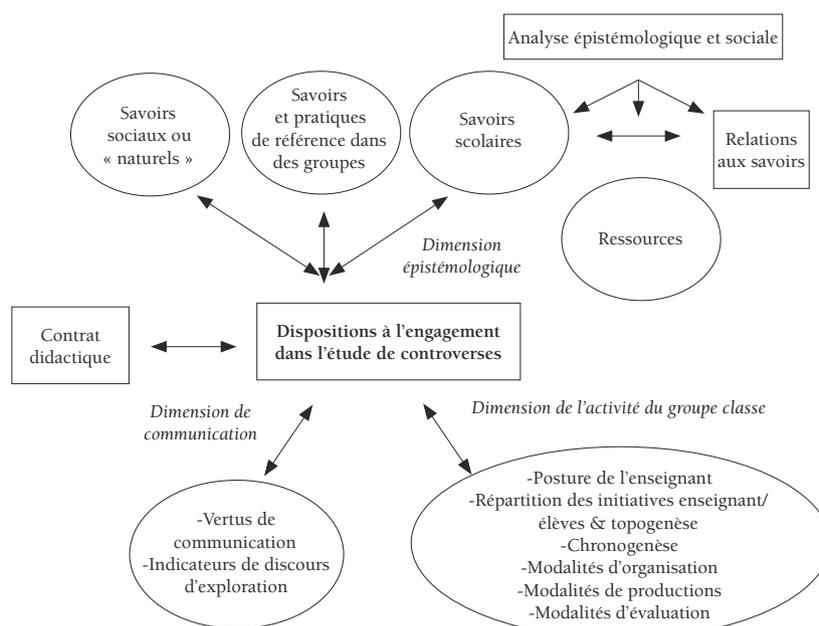


Figure 1 : Modèle d'une écologie des controverses socioscientifiques

Des vertus de communication ont été définies en philosophie de l'éducation comme « *a cluster of intellectual and affective dispositions that together promote open, inclusive and undistorted communication* » (Rice & Burbules, 1992, p. 37). Il peut s'agir de se mettre d'accord sur des procédures de discussion, comme de permettre à chacun de s'exprimer à tour de rôle, mais également d'obligations morales pour favoriser la communication. Les participants à une discussion peuvent par exemple s'engager à dire la vérité, doivent être libres de s'exprimer et pour cela n'être soumis à aucune contrainte qui les empêcherait de participer à la discussion, et être égaux dans les échanges, chacun pouvant apprendre des autres. Le respect des opinions, des valeurs, des origines ethniques, de l'apparence physique etc., et une attitude d'ouverture, chacun étant préparé à être désta-

bilisé par les points de vue d'autrui sont également considérés comme des éléments importants afin de permettre une communication saine, ouverte et intégrative de différents points de vue. En outre, les dispositions à la controverse peuvent être caractérisées par une dimension relative à l'activité du groupe classe. Il s'agit ici de se focaliser sur la confrontation des idées entre enseignant et élèves et sur l'organisation des activités, en cohérence avec la double visée du modèle, d'analyse et de conception de situation d'enseignement. Des recherches empiriques ont suggéré que le rôle de l'enseignant pour l'étude de questions socioscientifiques correspond à celui d'un conseiller, critique bienveillant, organisateur, animateur, consultant... et d'autres travaux, dont les nôtres, ont montré une réticence ou un refus des enseignants à donner en classe leur point de vue personnel vis-

à-vis des controverses socioscientifiques. Des questions d'éthique enseignante et de responsabilité sont en jeu. Identifier la posture adoptée par l'enseignant nous apparaît comme un élément majeur pour cerner les dispositions à la controverse.

D'une façon générale, analyser des phénomènes didactiques conduit à porter le regard sur les types de connaissances en jeu dans les interactions en classe. On peut s'interroger sur le contenu épistémique précis de l'étude de controverses socioscientifiques, la progression temporelle des savoirs lors de telles activités didactiques et les façons dont ces savoirs sont répartis entre enseignant et élèves. Nous mobilisons pour cela les notions de chronogenèse et topogenèse. Une étude chronogénétique des transactions didactiques informe sur l'introduction du nouveau au sein de l'ancien. Cet aspect nous semble particulièrement important pour documenter la « niche écologique » d'enseignements de controverses socioscientifiques dans la mesure où identifier la progression temporelle des savoirs sur de telles controverses informe sur les dispositions à l'engagement dans leur étude, et par là même permet de cerner si elle consiste en une activité marginale, réduite à quelques moments ou s'intègre à l'étude des savoirs scientifiques traditionnels, non controversés, inscrits dans les programmes. Étudier les mécanismes topogénétiques du contrat didactique lors de l'étude de controverses socioscientifiques contribue à documenter les conditions de viabilité de tels objets d'enseignement. Il s'agit d'identifier, dans une analyse épistémique, les rôles ou les places de l'enseignant et des élèves vis-à-vis de l'étude de controverses socioscientifiques, pour lesquelles, comme nous l'avons déjà évoqué, les incertitudes priment, les discours sont divers et souvent contradictoires, et l'enseignant n'est pas en mesure d'apporter une réponse, comme dans le cas d'un contrat didactique classique.

Par ailleurs, l'étude de controverses socioscientifiques implique souvent la mise en œuvre en classe de situations complexes (débat, jeux de rôles, conférences de consensus...). Lors de telles situations, nos recherches nous ont permis d'identifier des interrelations complexes se produisant entre éléments contextuels, sociaux et conceptuels. Proposer des situations d'enseignement et les analyser nécessite alors de considérer comment les savoirs sont mis en jeu en classe lors des activités proposées dans une

approche didactique en considérant ce que Sensevy (2007) nomme le triplet des genèses (topogenèse, chronogenèse et mésogenèse) mais également de prendre en compte les relations sociales en accordant dans ce cas une moindre considération aux savoirs. Comme le souligne Sensevy (2007), il pourra être utile, pour comprendre le jeu des transactions didactiques en classe, de considérer, outre le contenu épistémique des transactions, d'autres déterminants, comme des contraintes institutionnelles, des conceptions épistémologiques ou des sources de l'action enseignante décrites dans les recherches en sciences de l'éducation. Ainsi, contribuent également à cette dimension de l'activité du groupe classe des modalités d'organisation des activités, de productions et d'évaluation. Nous empruntons aux variables d'action de la pratique enseignante modélisée par Bru (1991), la répartition des initiatives entre enseignant et élèves et les variables d'action portant sur les modalités d'organisation. Nous retenons de recherches sur les controverses socioscientifiques analysées des modalités de productions et d'évaluation des activités.

Précisons comment l'approche théorique choisie est mise en jeu dans le modèle. Les inter-relations entre les dispositions à la controverse et le contrat didactique (représentées par une double flèche pleine dans la figure) sont destinées à documenter l'écologie des controverses socioscientifiques. Les formes prises par le contrat didactique peuvent contraindre les dispositions à la controverse et par là limiter l'étude de telles questions. Selon une approche extrême, nous pouvons supposer que la reproduction d'une répartition traditionnelle des rôles entre enseignant et élèves lors d'une centration sur la résolution de telles controverses dans le cas où la posture de l'enseignant consiste à rester neutre limite l'engagement dans leur étude. L'exploration de controverses socioscientifiques pourrait ainsi tourner court et consister, comme des recherches empiriques l'ont montré, en une focalisation sur les seuls éléments scientifiques pour une étude conceptuelle traditionnelle des enseignements de sciences où, au terme des activités, l'enseignement apporte in fine une réponse. Dans une telle configuration, les relations aux savoirs conduisent à la seule prise en compte des savoirs et pratiques scientifiques ou savoirs scolaires ; les savoirs sociaux ou naturels sur les controverses socioscientifiques ne sont pas pris en compte, la dimension des dispositions à la controverse relative à l'activité de la classe présente

les caractéristiques d'un enseignant détenteur des savoirs qui ne partage pas les initiatives d'organisation, de production et d'évaluation avec les élèves et la dimension de communication qui permet de décrire les confrontations des idées et paroles des élèves entre elles est minime. Selon une dynamique inverse, des dispositions importantes à la controverse, relevant par exemple d'une négociation des activités et de leur organisation avec les élèves, ou de la mise en œuvre en classe de modalités de communication destinées à favoriser des discours d'exploration, ou de la prise en compte de différents types de savoirs, peuvent modifier les types de contrat didactique mis en œuvre en classe.

L'adoption d'une posture différente de celle de la neutralité par l'enseignant peut par exemple le conduire à expliciter son point de vue face à une controverse socioscientifique, et dans le cas d'un contrat didactique classique, ce point de vue pourrait constituer pour les élèves la réponse à apprendre. Dans le cas d'une prise en compte des seuls savoirs sociaux ou naturels, nous retrouvons là le risque d'endoctrinement pointé par les enseignants interrogés dans nos recherches. Nous pouvons également rejoindre dans le cas de référence majeure aux savoirs et pratiques scientifiques, le risque idéologique de promotion de développements technoscientifiques actuels ou de comportements sociaux particuliers que nous avons déjà évoqué (acceptation des thérapies géniques ou changement de consommation énergétique par exemple).

D'autres possibles peuvent être identifiés avec des configurations différentes des éléments du modèle. L'enseignant peut par exemple expliciter son point de vue sur une controverse socioscientifique et les raisons qui le fondent et mener en classe une analyse des différents types de savoirs à propos d'une controverse afin de favoriser, par exemple, une prise de décision des élèves informée, argumentée et critique.

L'enseignant peut également agir comme un gestionnaire de débats, comme des recherches sur les questions scientifiques socialement vives l'ont suggéré, et cela jusqu'au point de se centrer sur les pratiques délibératives en accordant une moindre place aux savoirs, ce qui correspond à une modification du contrat didactique traditionnel. Cela contribue à documenter les possibilités d'articu-

lation avec un enseignement des sciences traditionnel, en explorant notamment le risque de faire de l'enseignement de controverses socioscientifiques une activité récréative ou un « supplément d'âme » dans un programme centré sur l'apprentissage de concepts scientifiques déconnectés des controverses et des conditions socio-historiques de leur élaboration.

Identifier les relations aux savoirs en jeu sur des controverses socioscientifiques pour les acteurs de l'institution (élèves, enseignants, parents) et comment sont pris en compte en classe différents genres de savoirs sur un thème controversé (flèche pleine entre les genres de savoirs et les relations aux savoirs dans la figure) dans différents contextes (disciplinaire, pluri- ou interdisciplinaire), mais aussi en lien avec d'autres points du programme permet également de documenter la mise en forme scolaire de telles controverses et par là leur écologie.

Discussion

L'importation dans l'école de controverses qui mobilisent et divisent, de façon récurrente et publique, les membres de collectifs particuliers (scientifiques, groupes sociaux, entreprises ..) et les collectifs entre eux pose de nombreuses questions aux recherches en éducation.

L'argument démocratique pour l'éducation aux sciences, selon lequel il s'agit de permettre aux citoyens de comprendre et de participer aux débats de nos sociétés modernes sur des problèmes socioscientifiques et technoscientifiques constitue en particulier un défi et soulève de multiples interrogations. Comment par exemple définir les besoins de la société en matière d'éducation scientifique ? A la suite de Kolstø (2001), nous nous demandons comment les cerner ? Les prendre en compte ? Qui serait légitime pour le faire ? Des experts par exemple ? et dans ce cas, en référence à la controverse sur la culture scientifique autour de la proposition de Fensham (2002) de confier la définition des besoins sociaux en sciences à des experts des sciences sociales, quel domaine d'expertise pourrait être mobilisé ? Sciences de la matière, de la nature et du vivant ? Sciences sociales ? Sciences de l'éducation ?

Nous nous interrogeons également sur les conceptions de la société, la citoyenneté et la démocratie qui pourraient être implicitement proposées aux élèves via l'enseignement de questions scientifiques socialement vives. Les recherches ne se réalisent pas dans un vide social et culturel mais sont plongées dans les idéologies ambiantes. S'agit-il par exemple de permettre une articulation, un dialogue ou des affrontements dans un contexte social en recomposition marqué par une pluralité de valeurs ? Quels pourraient être alors des effets contre-productifs des recherches dans le domaine social, structurel ou symbolique ? ce que Dupuy (2002) définit comme la partie invisible de la contre-productivité du fonctionnement des institutions. S'agit-il de favoriser ? d'accompagner ? d'éclairer ? ... des dynamiques sociales ? de conforter l'ordre des choses ? ...

Pour certains, l'intégration dans les programmes de questions scientifiques socialement vives ne correspondrait plus à une éducation scientifique mais relèverait de l'idéologie et nombreux sont ceux, dont des enseignants de sciences, qui évoquent un risque d'endoctrinement des élèves. Notre position consiste à ne pas faire comme si ce problème n'existait pas. Nous proposons au contraire d'aborder directement les questions qui fâchent pourrait-on dire, et d'ainsi questionner la dichotomie science/idéologie mais avec le souci d'éviter les pièges des faux débats, l'impasse des polémiques stériles, la violence nourrie des malentendus, et les étiquettes qui bâillonnent ou stigmatisent. La science est un objet à haute valeur symbolique dans notre monde. En référence à Pestre (2006), nous considérons que du fait de son rôle majeur, la question de ce qu'est la science ne peut pas ne pas être constamment reposée et rouverte. Mais la science est un objet bien trop chargé « idéologiquement » pour pouvoir en parler sereinement. Elle suscite des caractérisations aussi nombreuses qu'affectivement fortes (*Ibid.*) au point que l'on évoque à son propos des « guerres des sciences ». Ainsi, nous proposons que soient explicités les fondements épistémologiques des recherches et des discours (critiques, positions d'enthousiasme ou de refus ...) pour les chercheurs dans le courant des QSV, pour ceux qui s'y opposent, par exemple au nom de « la science ». Explorer les mutations profondes des modes d'élaboration des (techno)sciences et des relations sciences-sociétés et les changements sociaux actuels est source d'enrichissement pour nous aider à considérer d'un

œil plus systématiquement critique nos propres pratiques, à identifier les présupposés qui sous-tendent nos approches, délimitent nos enjeux et orientent nos choix, en particulier à propos de la nature des sciences et leur socialité dans une perspective didactique. À la suite de Bader (2001), nous soutenons une didactique critique informée par l'épistémologie et la sociologie des sciences et enrichie par une analyse sociale pour contribuer à mettre en question la mise en forme scolaire de controverses socioscientifiques et la nouvelle alliance actuelle entre éducation scientifique et éducation à la citoyenneté.

Par ailleurs, dans le champ des didactiques des disciplines, l'enseignement de controverses socioscientifiques pose à nouveau frais la question de la prise en charge de la diversité des références, des savoirs et des pratiques d'institutions diverses dans le contexte d'un social d'aujourd'hui marqué par une préférence médiatique, un éclatement des structures traditionnelles, une diversité dans les valeurs et les modes de vie, le développement d'un hyper-individualisme et l'émergence de nouvelles définitions identitaires ... dans la mesure où des groupes qui ne sont pas socialement reconnus comme des producteurs de savoirs²⁰ élaborent à propos de controverses socioscientifiques ou sociotechniques des savoirs souvent socialement localisés, autrement dit avec une légitimité locale en dehors de l'école.

Les mises en formes scolaires de telles controverses peuvent également se caractériser par une grande diversité : apprentissage de connaissances disciplinaires ? engagement d'un collectif dans la résolution de QSV ? pratiques du débat ? ... Ceci soulève des questions sur la légitimité d'une approche disciplinaire. Qu'ont les disciplines à apporter à l'étude de questions socialement vives ? et donc interroge aussi sur l'identité des disciplines elles-mêmes et leurs relations aux « éducation à ».

Ce questionnement invite à considérer la complexité des actions éducatives, la définition ou redéfinition des contenus et des démarches disciplinaires pour l'enseignement de controverses socioscientifiques. Par ailleurs, des glissements et ruptures épistémologiques s'opèrent de façon opaque dans les disciplines scolaires (Astolfi, 2006). Nous entendons par ces tendances lourdes que pointe Astolfi le fait par exemple de gommer le contexte et

les modalités de construction de connaissances, de présenter les sciences comme un procédé progressif et cumulatif d'élaboration des savoirs, de traiter en classe d'objets de savoirs épistémologiquement morts (Chevallard, 1997) dans la mesure où l'on a oublié les questions et les problèmes auxquels ils répondent... L'enseignement de questions scientifiques socialement vives peut se heurter à ces tendances, mais aussi comme le souligne Astolfi développer une prise de conscience qui permettrait de limiter les effets de ces glissements et ruptures épistémologiques.

Prendre en considération le nouveau régime de production des savoirs que nous connaissons depuis une trentaine d'années si l'on suit les travaux d'histoire sociale et culturelle des sciences (Pestre, 1995, 2003) conduit à considérer qu'un des enjeux éducatifs de l'enseignement de controverses socioscientifiques consiste à viser à l'école une compréhension avertie de l'imbrication des questions de sciences et de société,

de la pratique des sciences et des techniques, à faire apprécier aux jeunes avec distance et critique le rôle des savoirs scientifiques dans le débat public.

Il y a selon nous un enjeu social majeur à viser un usage critique et raisonné de l'expertise et une participation démocratique aux débats publics, procédures d'expertise et prises de décisions en matière technoscientifique. L'explicitation des présupposés et fondements théoriques, méthodologiques, mais également idéologiques des discours experts est une condition essentielle d'un usage critique et démocratique de l'expertise. Comment former les jeunes à développer un tel usage de l'expertise est une question qui est au cœur de nos préoccupations et, à l'instar de plusieurs chercheurs en éducation aux sciences dans le courant des questions socioscientifiques, nous soutenons dans une approche didactique la pertinence d'une vision socialisée des sciences²¹ (Bader, 2001 ; Désautels & Larochelle, 2004 ; Driver *et al.* 1996 ; Kolstø, 2005).

NOTES

1. La législation connue sous le nom de Bayh Dole aux États-Unis autorise les universités à breveter leurs travaux et ceux produits à partir de fonds publics. Des conflits d'intérêts ont lieu et ceci constitue un phénomène nouveau dans l'élaboration des sciences.

2. Note d'information 00-30 du Ministère de l'Éducation Nationale et de la Recherche (septembre 2000), cité dans la note n° 2 de la Fondation Sciences Citoyennes, octobre 2004.

3. En 2004, les brevets européens détenus par Myriad Genetics sur des gènes de pré-disposition au cancer ont été annulés suite à un recours initié par l'Institut Curie.

4. Sondages Eurobaromètres « Les européens, la science et la technologie » et « Les valeurs sociales, la science et la technologie » publiés en juin 2005.

5. La littérature est riche de débats portant sur des distinctions entre principe de prévention, de précaution, de prudence. Le plus souvent, des démarcations sont opérées en considérant la nature des risques encourus. Si les risques sont connus et avérés, il s'agirait de prévention, s'ils sont hypothétiques ou incertains, il s'agirait de précaution. D'autres préfèrent un principe de prudence généralisée, qui englobe les notions de prévention et de précaution. Ces approches ont été critiquées. Rendre équivalentes prévention, précaution et prudence conduirait par exemple à « brouiller les cartes conceptuelles » (Hunyadi, 2003, p. 146).

6. Créée en 1958 par des malades et parents de malades et reconnue d'utilité publique en 1976.

7. Des chercheurs engagés attaquent le postulat d'autonomie et de neutralité de la science, interrogent les organisations et pratiques de la communauté scientifique (hiérarchies, place des femmes...) et questionnent le rôle de la science contemporaine dans la guerre, l'économie capitaliste et la reproduction de l'ordre social.

8. Groupement Scientifique d'Information sur l'Énergie Nucléaire.

9. Pour Bensaude-Vincent (2003), un bon témoin de ces courants est l'ouvrage « (Auto)-critique de la science » publié en 1975 par Jaubert et Lévy-Leblond.

10. Après une formation préparatoire, sur deux ou trois week-end, par des experts de différents domaines, le panel de citoyens débat publiquement avec des représentants du monde politique, économique, associatif et avec des experts. À l'issue de cette conférence, qui dure en moyenne quatre jours, le panel de citoyens rédige à huis clos un rapport contenant leurs avis, qui est ensuite rendu public et remis aux instances politiques. À la différence de la conférence de consensus, la conférence de citoyens n'a pas pour but la recherche systématique d'un consensus entre tous les membres du panel des citoyens, mais laisse la possibilité d'émettre des opinions divergentes.

11. Le processus peut être analysé comme suit. L'exigence d'un statut social acceptable nécessite une éducation prolongée, une compétition avec ses pairs et une mobilité sociale et géographique (Beck, 1986/2001). Chacun de ses éléments favorise l'individualisation de façon indépendante. Ajouté au déclin de l'importance du travail en tant que source de l'identité personnelle, cela permet d'expliquer la dissolution de la conscience collective, de la solidarité et la « fin de la famille » (Beck & Beck-Gernsheim, 1994). L'entrée des femmes sur le marché de l'emploi correspond aux mêmes processus d'individualisation mais leur émancipation permet de plus une pluralité d'alternatives non conventionnelles à la famille nucléaire.

12. L'originalité de l'enseignement scientifique, technologique et professionnel agricole en France est son rattachement au Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. L'enseignement agricole ne concerne pas uniquement l'agriculture mais recouvre des secteurs d'activité variés dans les domaines de l'industrie agroalimentaire, de l'horticulture ou de l'environnement par exemple.

13. Loi d'orientation agricole n° 99-574 du 9 juillet 1999 (JO n° 158 du 10 juillet 1999).

14. « L'enseignement agricole : une chance pour l'avenir des jeunes et des territoires », Rapport d'information au Sénat n° 27 (2006-2007) de Mme Françoise FÉRAT sur la place de l'enseignement agricole dans le système éducatif français, 24 octobre 2006, p 20.

- 15. « Public understanding of science » en anglais.
- 16. « Scientific and technological literacy » en anglais.
- 17. En italique dans le texte.
- 18. Traduction libre de l'anglais « exploratory talk ».

19. Dans une telle discussion, tous les membres du groupe sont invités à contribuer, toute l'information pertinente est partagée et les opinions et les idées sont respectées et considérées. Il est demandé à chacun de clarifier ses raisons et de justifier ses affirmations. Lorsque des désaccords apparaissent, ils sont appuyés par des arguments et des positions alternatives sont suggérées. Le groupe cherche à parvenir à un accord avant de prendre une décision ou d'agir.

20. Par exemple arracheurs d'OGM, riverains d'antennes-relais de la téléphonie mobile ou d'une centrale nucléaire...

21. Prendre position en faveur d'une inscription sociale de la production des savoirs ne signifie pas que toutes les affirmations se valent. Développer des connaissances en épistémologie et sociologie des sciences invite au contraire à considérer les sciences relativement aux projets, contextes sociaux, périodes historiques dans lesquels elles se développent. Il s'agit alors d'envisager les sciences comme des savoirs contextualisés, porteurs d'enjeux sociaux, éthiques, économiques, politiques, contribuant aux débats publics avec leurs indéterminations et leurs incertitudes.

RÉFÉRENCES

- ALBE, V. & LELLI, L. (2006). Au fil du vent et des atomes ... la participation au débat citoyen sur l'énergie. In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.). *L'Ecole à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF (pp. 91-104).
- ALBE, V. & RUEL, F. (2007a). Points de vue d'enseignantes et d'enseignants de sciences sur l'enseignement de controverses socioscientifiques. 1ère partie : pertinence et légitimité. Soumis à la *Revue Canadienne d'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et des Technologies*.
- ALBE, V. & RUEL, F. (2007b). Points de vue d'enseignantes et d'enseignants de sciences sur l'enseignement de controverses socioscientifiques. 2ème partie : la nature des savoirs scientifiques, le rôle des controverses, le rapport à l'expertise et la critique. Soumis à la *Revue Canadienne d'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et des Technologies*.
- ALBE, V. (2004). *Comment de futurs enseignants perçoivent une question scientifique socialement vive : le réchauffement climatique ?* Communication orale au XIV congrès mondial des sciences de l'éducation, Santiago du Chili, 10 au 14 mai 2004.
- ALBE, V. (2005a). 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*, 5, 361-376.
- ALBE, V. (2005b). *Rôle des points de vue épistémologiques d'élèves dans leurs prises de décision sur une controverse socio-scientifique*. Communication orale en séance plénière aux quatrièmes rencontres scientifiques de l'AR-DIST, Lyon, 12 au 15 octobre 2005.
- ALBE, V. (2005c). Un jeu de rôle sur une controverse socio-scientifique actuelle : Une stratégie pour favoriser la problématisation? *Aster* 40, 67-94.
- ALBE, V. (2006). Procédés discursifs et rôles sociaux d'élèves en groupes de discussion sur une controverse socio-scientifique. *Revue Française de Pédagogie*, 157, 103-118.

- ALBE, V. (2007b). *Changement climatique, énergies, développement durable : Quelles représentations d'élèves et d'enseignants ?* Communication orale aux Cinquièmes Rencontres de l'ARDIST, Montpellier, 17 au 19 octobre 2007.
- ALBE, V. (2007c). *Des controverses scientifiques socialement vives en éducation aux sciences. État des recherches et Perspectives.* Mémoire de synthèse pour l'Habilitation à diriger des Recherches. Université Lyon 2.
- ALBE, V. (2008). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intervene: students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*, 38, 67-90.
- ASTOLFI, J.-P. (2006). Les questions vives en question ? In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.). *L'École à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives.* Paris : ESF (pp. 9-12).
- ATLAN, H. (1999). *La fin du tout génétique, vers de nouveaux paradigmes en biologie.* Paris : INRA Editions.
- ATLAN, H. (2002). *La science est-elle inhumaine ? Essai sur la libre nécessité.* Paris : Bayard.
- ATLAN, H. (2005). *L'utérus artificiel.* Paris : Seuil.
- BABIN, D. (2004). *PH1 : Manuel d'usage et d'entretien du post-humain.* Paris : Flammarion.
- BADER, B. (2001). *Etude de conversations estudiantines autour d'une controverse entre scientifiques sur la question du réchauffement climatique.* Thèse de doctorat de l'université Laval.
- BADER, B. (2003). Interprétation d'une controverse scientifique : stratégies argumentatives d'adolescentes et d'adolescents québécois. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3, 231-250.
- BECK, U. (1986/2001). *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne.* Francfort-sur-le-Main : Suhrkamp. (Traduction française : *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, 2001, Paris : Éditions Aubier).
- BENSAUDE-VINCENT, B. (2003). *La science contre l'opinion. Histoire d'un divorce.* Paris : Les Empêcheurs de penser en rond / Le Seuil.
- BENTHAM, J. (1824). The Book of Fallacies. In *The Works of Jeremy Bentham*, published by J. Bowring (1962). New York: Russell & Russell (vol. 2).
- BIANCHINI, J. A. (1997). Where knowledge construction, equity, and context intersect: Student learning of science in small groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 1039-1065.
- BROWN, J. S., COLLINS, A., & DUGUID, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 34-41.
- BRU, M. (1991). *Les variations didactiques dans l'organisation des conditions d'apprentissage.* Toulouse : EUS.
- CALLON, M. (2002). *Agir dans un monde incertain.* Communication au colloque Langages scientifiques et pensée critique. Modélisation, décision publique, risques, environnement. Cerisy, 21 au 27 juin 2002.
- CALLON, M., LASCOUMES, P. & BARTHE, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique.* Paris : Seuil.
- CASSIER, M. & GAUDILLIERE, J.-P. (2000). Recherche, médecine et marché : la génétique du cancer du sein. *Sciences Sociales et Santé*, 18, 29-50.
- CHEVALLARD, Y. (1991). *La transposition didactique : du savoir savant au savoir enseigné.* Grenoble : La Pensée Sauvage (1^{ère} édition, 1985).
- CHEVALLARD, Y. (1997). *Questions vives, savoirs moribonds : le problème curriculaire aujourd'hui.* Communication au Colloque Défendre et transformer l'école pour tous, Marseille, 3-5 octobre 1997.
- CHEVALLARD, Y. (2000). *Individualisation de la formation ou apprentissage collectif des savoirs ?* Notes pour un exposé à la librairie Païdos, Marseille, 9 mars 2000. Inachevé.
- COBB, P., CONFREY, J., DI SESSA, A., LEHRER, R. & SCHAUBLE, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational researcher*, 32, 9-13.

- CROSS, R. T. & PRICE, R. (2002). Teaching controversial science for social responsibility: The case of food production. In W.-M. Roth, & J. Désautels (Eds.). *Science education as/for social action*. New York: Peter Lang (pp. 209-236).
- DASGUPTA, P. & DAVID, P. (1994). Toward a new economics of science. *Research Policy*, 23, 487-521.
- DESAUTELS, J. & LAROCHELLE, M. (2004). Forme scolaire, éducation aux sciences et pratique de la critique. *Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 4, 515-528.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. & SCOTT P. (1996). *Young people's image of science*. Buckingham : Open University Press.
- DUMOULIN, R. & MARTIN, A. (2003). Une approche exploratoire de l'externalisation de la R&D : vers une modélisation des paramètres nécessaires. *CLAREE*, avril 2003 (<http://claree.univ.lille1.fr/~lecoq/cahiers/aimsRDAM.pdf>).
- DUPUY, J.-P. (2002). *Pour un catastrophisme éclairé*. Paris : Seuil.
- DUPUY, J.-P. (2004). *Le temps, le paradoxe*. Communication au colloque *Déterminismes et complexité : de la physique à l'éthique*. Cerisy, 22-29 juin 2004.
- DUPUY, J.-P. (2005). *Petite métaphysique des tsunamis*. Paris : Seuil.
- DUSCHL, R. A., & OSBORNE, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
- ECHEVERRIA, J. (2003). *La revolucion tecnocientífica*. Madrid : Fondo de Cultura Economica.
- EPSTEIN, S. (1997). Activism, Drug Regulation, and the Politics of Therapeutic Evaluation in the AIDS era : A case study of ddC and the 'Surrogate markers'. *Social Studies of Science*, 27, 691-726.
- ERDURAN, S. & JIMÉNEZ-ALEXANDRE, M.-P. (Eds.) (2007). *Argumentation in science education : Recent developments and future directions*. New York : Springer.
- FENSHAM, P. J. (2002). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 2, 133-150.
- FLEMING, R. (1986). Adolescent reasoning in socio-scientific issues, Part II : Nonsocial cognition. *Journal of Research in Science Teaching*, 23, 689-698.
- GAUCHET, M. (2002). *Le désenchantement du monde*. Paris : Gallimard.
- GIDDENS, A. (1991). *Modernity and self-identity. Self and society in modern age*. Cambridge: Polity Press.
- GOFFMAN, E. (1973). *La mise en scène de la vie quotidienne*. Paris : Editions de Minuit.
- GREENO, J. G. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, 53, 5-26.
- GUILLEBAUD, J.-C. (2003). Entre limite et transgression. *Esprit*, 297, 121-138.
- HABERMAS, J. (2002). *L'avenir de la nature humaine. Vers un eugénisme libéral?* Paris : Gallimard.
- HESSE, C. (2002). The rise of intellectual property, 700 B.C. – A.D. 2000: an idea in the balance. *Daedalus*, Spring 2002, 26-45.
- HODSON, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25, 645-670.
- HOGAN, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 341– 368.
- HOTTOIS, G. (2005). *La science entre valeurs modernes et postmodernité*. Paris : Vrin.
- HUNYADI, M. (2003). Pourquoi avons-nous besoin du raisonnement de précaution? *Esprit*, 297, 139-162.
- JACOBI, D. & PETERFALVI, B. (2004). Interactions langagières : regards didactiques, regards linguistiques. *Aster*, 38, 3-13.
- JASANOFF, S. (2004). Ordering Knowledge, Ordering Society. In S. Jasanoff (Ed.). *States of Knowledge: The Co-production of Science and Social Order*. London : Routledge.

- JENKINS, E. W. (1997). Towards a functional public understanding of science. In R. Levinson & J. Thomas (Eds.). *Science Today*. London: Routledge (pp. 137-150).
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.-P. & PEREIRO-MUÑOZ, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24, 1171-1190.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.-P., BUGALLO-RODRIGUEZ, A., DUSCHL, R. A. (2000). “ Doing the lesson ” or “ Doing science ” : Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, 757-792.
- JOLY, P.-B. & HERVIEU, B. (2003). La marchandisation du vivant. Pour la mutualisation des recherches en génomique. *Futuribles*, 292, 5-30.
- JONAS, H. (1979/1990). *Le principe responsabilité. Une éthique pour la civilisation technologique*. Traduction française. Paris : Ed. du Cerf.
- KELLY, G. J., & TAKAO, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86, 314-342.
- KELLY, G. J., DRUKER, S., & CHEN, C. (1998). Students' reasoning about electricity: Combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20, 849-871.
- KITTLESON, J. M. & SOUTHERLAND, S. A. (2004). The role of discourse in group knowledge construction : a case study of engineering students. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 267-293.
- KOLSTØ, S. D. (2001). *Science Education for Citizenship - Thoughtful Decision-Making about Science-Related Social Issues*. Doctoral thesis. Oslo: Unipub.
- KOLSTØ, S. D. (2005). The relevance of values for coping with socioscientific issues in science education. Paper presented at the ESERA Conference, Barcelona.
- KOLSTØ, S. D., BUNGUM, B., ARNESEN, E., ISNES, A., KRISTENSEN, T., MATHIASSEN, K., MESTAD, I., QUALE, A., SISSEL, A. TONNING, V. & ULVIK, M. (2006). Science students' critical examination of scientific information related to socio-scientific issues. *Science Education*, 90, 632-655.
- KOURILSKY, P. (2002). *Du bon usage du principe de précaution*, Paris : Odile Jacob.
- KUPIEK, J.-J. & SONIGO, P. (2000). *Ni Dieu ni gêne, pour une autre théorie de l'hérédité*. Paris : Le Seuil.
- LAMBERT, G. (2006). *La légende des gènes : Anatomie d'un mythe moderne*. Paris : Dunod.
- LAROCHELLE, M. & DESAUTELS, J. (2001). Les enjeux des désaccords entre scientifiques : un aperçu de la construction discursive d'étudiants et étudiantes. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 1, 39-60.
- LAROCHELLE, M. & DESAUTELS, J. (2006). L'éducation aux sciences et le croisement des expertises. In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.). *L'Ecole à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF (pp. 61-77).
- LARONCHE, M. (2001). L'Organisation mondiale du commerce tente de se concilier la société civile. *Le Monde*, 4 septembre 2001, supplément VI.
- LATOUCHE, S. (1995). *La mégamachine. Raison technoscientifique, raison économique et mythe du progrès*. Paris : La Découverte.
- LAUGKSCH, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84, 71-94.
- LAVE, J., & WENGER, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LEACH, J. & LEWIS, J. (2002). The role of students' epistemological knowledge in the process of conceptual change in science. In M. Limón & L. Mason (Eds.). *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*. The Netherlands: Kluwer.

- LEGARDEZ, A. (1999). *Voies de recherche en didactique des sciences économiques, sociales et de gestion : l'exemple des Sciences Economiques et Sociales dans l'enseignement secondaire français*. Mémoire de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches. Université de Provence.
- LEGARDEZ, A. (2006). Enseigner des questions socialement vives. Quelques points de repères. In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.). *L'École à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF (pp. 19-31).
- LEVINSON, R. (2003). *Teaching bioethics in science: Crossing a bridge too far?* A paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Philadelphia.
- LEVINSON, R. (2006). Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socio-scientific Issues. *International Journal of Science Education*, 28, 1201-1244.
- LEWIS, J. & LEACH, J. (2006). Discussion of Socio-scientific Issues: The role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28, 1267-1287.
- LEWIS, J., LEACH, J. & WOOD-ROBINSON, C. (1999). Attitude des jeunes face à la technologie génique. In L. Simonneaux (Ed.). *Les biotechnologies à l'école*. Dijon : Educagri éditions.
- MERCER, N. (1996). *The guided construction of knowledge*. Clevedon, England: Multilingual Matters.
- MOLINATTI, G. (2005). *Préfiguration d'un protocole de débat lycéen sur des questions socio-scientifiques relatives au développement des neurosciences. Eléments d'analyse*. Communication aux 4èmes journées de l'ARDIST, Lyon, 12-15 octobre 2005.
- OSBORNE, J., ERDURAN, S. & SIMON, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of research in science teaching*, 41, 994-1020.
- PATRONIS, T., POTARI, D. & SPILIOTOPOULOU, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue : implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 21, 745-754.
- PEDRETTI, E. (1999). Decision making and STS education: exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach. *Journal of School Science and Mathematics*, 99, 174-181.
- PESTRE, D. (1995). Pour une histoire sociale et culturelle des sciences. Nouvelles définitions, nouveaux objets, nouvelles pratiques. *Histoire et Sociologie des Sciences*, 3, 487-522.
- PESTRE, D. (2003). *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*. Paris : INRA Éditions.
- PESTRE, D. (2006). Introduction aux Science Studies. Paris : La Découverte.
- PIGNARRE, P. (2003). *Le grand secret de l'industrie pharmaceutique*. Paris : Les empêcheurs de penser en rond.
- PLANTIN, C. (1996). *L'argumentation*. Paris : Le Seuil.
- RATCLIFFE, M. (1997). Pupil decision making about socio-scientific issues within the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 19, 167-182.
- RICE, S., & BURBULES, N. (1992). Communicative virtues and educational relations. *Philosophy of Education*, 1992, 34-44.
- ROBERTS, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729-780). Mahwa, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- ROQUEPLO, P. (1997). *Entre savoir et décision, l'expertise scientifique*. Paris : INRA.
- SADLER, T. D. & FOWLER, S. R. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation. *Science Education*, 90, 986-1004.
- SADLER, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues : a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536.
- SADLER, T. D., CHAMBERS, F. W. & ZEIDLER, D. L. (2004). Student conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26, 387-410.

- SANDOVAL, W. A., & MILLWOOD, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23, 23-55.
- SCHWEIZER, D. M. & KELLY, G. J. (2001). *An investigation of student engagement in a global warming debate*. Paper presented at the NARST Annual Meeting in St Louis March 25-28, March 2001.
- SENSEVY, G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In A. Mercier & G. Sensevy (Eds.). *Agir Ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Presses Universitaires de Rennes (pp. 5-35).
- SIMONNEAUX, L. & SIMONNEAUX, J. (2005). Argumentation sur des questions socio-scientifiques. *Didaskalia*, 27, 79-108.
- SIMONNEAUX, L. (2001). *Didactique et éducation biotechnologique*. Note de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, Université de Rouen.
- SIMONNEAUX, L. (2003). Argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée. *Aster*, 37, 189-214.
- THE DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational researcher*, 32, 5-8.
- TUTIAUX-GUILLON, N. (2006). Le difficile enseignement des « questions vives » en histoire-géographie. In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.). *L'Ecole à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF (pp. 119-135).
- VANDENBERGHE, F. (2001). Introduction à la sociologie (cosmo) politique du risque d'Ulrich Beck. *Revue du MAUSS*, 17.
- VELTZ, P. (2000). *Le nouveau monde industriel*. Paris : Gallimard.
- VRIES, M.J. De (2005). *80 Years of research at the Philips Natuurkundig Laboratorium 1914-1994*. Amsterdam: Pallas Publications.
- WYNNE, B. (1997). Controverses, indéterminations et contrôle social de la technologie. Leçons du nucléaire et de quelques autres cas au Royaume Uni. In O. Godard (Dir.). *Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines*. Paris : Fondation maison des sciences de l'homme et INRA (pp. 149-178).
- YANG, F.-Y. & ANDERSON, O. R. (2003). Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. *International Journal of Science Education*, 25, 221-244.
- YANG, F.-Y. (2004). Exploring high school students' use of theory and evidence in an everyday context: the role of scientific thinking in environmental science decision-making. *International Journal of Science Education*, 26, 1345-1364.
- ZEIDLER, D. L. (2003). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers.
- ZEIDLER, D. L., WALKER, K. A., ACKETT, W. A., & SIMMONS, M. L. (2002). Tangled up in views: Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86, 343-367.
- ZOHAR, A., & NEMET, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of research in science teaching*, 39, 35-62.