PIAGET J. & GARCIA R. (1983). Psychogenèse et histoire des sciences. Paris : Flammarion.

Plantin C. (1996). « Le trilogue argumentatif. Présentation de modèle, analyse de cas ». *Langue française*, n° 112, p. 9-30.

PLANTIN C. (2005). L'argumentation – Histoire, théories, perspectives. Paris : PUF (Que Sais-Je?).

POPPER K. (1991). La connaissance objective. Paris: Aubier.

POPPER K. (1998). La connaissance objective. Trad. de l'anglais [Objective Knowledge] par J.-J. Rosat. Paris: Flammarion (Champs).

REBOUL O. (1992). Les valeurs de l'éducation. Paris : PUF.

SAUVAGEOT-SKIBINE M. (1993). « De la représentation en tuyaux au concept de milieu intérieur ». *Aster*, n° 17, p. 189-204.

Types et domaines d'arguments utilisés dans des débats socio-scientifiques

Laurence Simonneaux

ENFA, UR Toulouse EducAgro

Virginie Albe

ENS Cachan-INRP, UMR STEF

Étant donné l'importance croissante et la forte médiatisation de nombreuses questions scientifiques controversées qui ont des répercussions dans notre société moderne, former les élèves et les étudiants à argumenter leurs positions vis-à-vis d'elles s'inscrit dans une perspective d'éducation citoyenne. Il s'agit de questions « vives » dans le monde de la recherche et dans la société.

Nous nous intéressons ici à l'impact de situations didactiques contrastées sur l'argumentation de lycéens et d'étudiants. Nous illustrerons notre propos à partir de deux corpus : un débat entre lycéens sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires, l'analyse de discours contradictoires sur des questions socio-scientifiques controversées par des étudiants en licence Écologie, agronomie, territoire et société (EATS).

Dans le premier cas, il est fourni aux élèves des résultats de recherche authentiques.

Dans le second cas, les étudiants choisissent la question scientifique controversée (l'énergie nucléaire, l'éolien, le brevetage du vivant, les « bébés médicaments », le clonage humain thérapeutique, etc.), recherchent, analysent les points de vue contradictoires, puis argumentent leur propre point de vue. En tout, les étudiants ont choisi de traiter vingt-quatre questions scientifiques controversées.

Nous analyserons notamment:

- à quels domaines ils se réfèrent (scientifique, économique, politique, éthique, religieux, etc.) ;
- comment ils évaluent la qualité des experts et de leur expertise (nous nous appuierons sur les travaux de D. N. Walton [1996] concernant les argumentations d'experts et les travaux actuels sur l'expertise scientifique face à la décision publique);
- s'ils ont recours aux valeurs épistémiques de la science (en fonction des catégorisations élaborées par R. Merton [1968], T. Kuhn [1977], E. McMullin [1982]) et aux valeurs sociales en science (catégorisation de H. E. Longino [1997]);
- s'ils identifient ou mobilisent des stratégies dans les discours (en nous référant aux fallacies de Bentham) ;
- pour analyser des argumentations divergentes et pour justifier leur propre argumentation.

Les débats socio-scientifiques en classe

Dans la lignée du mouvement éducatif intitulé Sciences-Technologies-Société (STS) qui a émergé dans les années soixante-dix, se développent aujourd'hui des travaux sur l'enseignement des questions socioscientifiques controversées (Albe 2005, 2006; Albe & Simonneaux 2002; Kolsto 2001; Gayford 2002; Zeidler et al. 2002; Sadler 2004; Sadler & Zeidler 2004; Sadler, Chambers & Zeidler 2004; Simonneaux 2001, 2002, 2004; Simonneaux & Simonneaux 2005; Legardez & Simonneaux 2006). Plus particulièrement développé dans le monde anglo-saxon et nord-américain, le mouvement STS considère que les sciences et les technologies quoique différentes interagissent entre elles et avec la société. Il s'agit de permettre aux élèves de comprendre les liens entre sciences, technologies et société. Les questions socio-scientifiques controversées sont des questions à propos desquelles les opinions divergent et qui ont des implications dans un, ou plus, des domaines suivants : biologique, physique, chimique, social, éthique, politique, économique, environnemental, etc. Les questions socio-scientifiques font l'objet de controverses, au niveau de la recherche et de la société, notamment à propos des risques qui y sont attachés. Dans le monde francophone, on

parle de questions socialement « vives » (QSV) (Legardez & Simonneaux 2006). Elles possèdent plusieurs caractéristiques.

Elles sont vives dans la société: de telles questions interpellent les pratiques sociales des acteurs scolaires (dans et hors de l'institution) et renvoient à leurs représentations sociales et à leur système de valeurs; elles sont considérées comme un enjeu par la société (globalement ou dans certaines de leurs composantes) et suscitent des débats (des « disputes » aux « conflits »); elles font l'objet d'un traitement médiatique tel que la majorité des acteurs scolaires en ont – même sommairement – connaissance.

Leur production sociale dans la société les rend donc « vives » dans un premier sens. Elles sont vives dans les savoirs de référence : il existe des débats (des « controverses ») entre spécialistes des champs disciplinaires et/ou entre les experts des champs professionnels. De plus, les références sont également souvent à chercher dans des pratiques sociales, culturelles, politiques, éthiques, etc., en butte aussi à des débats (souvent des « polémiques »).

Leur production sociale dans des milieux scientifiques ou professionnels, dans les mouvements sociaux, politiques et culturels, les rend donc « vives » dans un second sens.

Les QSV sont donc, selon l'actualité, l'avancement de la recherche, les acteurs impliqués, etc., porteuses d'incertitudes, de divergences, de controverses, de disputes, voire de conflits (Legardez & Simonneaux 2006). Les prises de décision à leurs propos impliquent deux catégories de questions : des questions d'ordre politique et éthique et des questions d'ordre scientifique (Kolstø 2004).

Un enjeu affiché de l'enseignement de ces questions est de développer des prises de décision « réfléchies » chez les élèves, ce qui sous-entend qu'il n'y a pas qu'une seule prise de décision valide et rationnelle sur ces questions.

Pour de nombreux auteurs, la connaissance de la nature de la science est un prérequis indispensable. Le point de vue le plus consensuel sur la nature des sciences est le suivant : certains savoirs scientifiques sont relativement stables, tandis que d'autres sont plus provisoires et susceptibles de changer en fonction de nouveaux résultats ou à cause de la réinterprétation de résultats antérieurs. Il existerait deux sortes de science : celle

caractérisée par un consensus stable dans la communauté scientifique et celle située sur le front de la recherche dont les résultats sont discutés dans la communauté scientifique (Cole 1992 ; Latour 1987). Les désaccords entre experts à propos de cette dernière mettent en évidence le débat sur l'existence même de « critère scientifique certain ».

Il s'agit donc de favoriser chez les élèves la compréhension que la science est en construction, provisoire, que les modèles ne représentent pas le réel, que la science est porteuse de valeurs, qu'elle est inséparable de la société et qu'elle ne représente qu'un aspect des questions socioscientifiques.

Présentation des corpus

Il a été demandé à des étudiants en licence Écologie, Agronomie, Territoire et Société (EATS) de produire un dossier sur une question socio-scientifique controversée de leur choix présentant et analysant des textes aux points de vue divergents. Les étudiants avaient pour consignes :

« 1. Analyser la situation sociale et physique des discours, c'est-à-dire préciser : qui parle ? quand ? à qui ? quels sont les enjeux ?

2. Analyser les argumentations, c'est-à-dire répondre aux questions suivantes : quels sont les points de vue divergents ? sur quoi sont-ils fondés ? les auteurs (ou experts cités) sont-ils fiables ? les arguments sont-ils valides ? pourquoi ? sont-ils convaincants ?

3. Justifier leur point de vue à la fin de ce travail. »

Ce dossier faisait l'objet d'une présentation orale, suivie d'un échange entre pairs et avec l'enseignant.

« Les téléphones cellulaires sont-ils dangereux pour la santé¹ ? » est une situation-débat (Albe & Simonneaux 2005) inspirée d'un module de formation développé par un groupe de chercheurs et d'enseignants pour favoriser la formation épistémologique des élèves (Hind, Leach & Ryder 2001).

Nous avons conduit cette étude de la question controversée sur la dangerosité des téléphones cellulaires avec une classe de 12 élèves de série

1. La leçon peut être consultée sur le site suivant : http://www.enfa.fr/cdrv/layout.php?ct=pc/disc-pc.htm (consulté le 7 novembre 2008).

technologique de l'enseignement agricole (STAE)² pendant une séance ordinaire d'environ 2 heures. Il s'agit de préparer et de réaliser un jeu de rôle : les élèves jouent le rôle d'avocats dans le cas d'un procès où un employé poursuit son employeur pour son mauvais état de santé, qu'il estime dû à l'usage du téléphone portable et en raison duquel il a dû quitter son travail. Les élèves se répartissent en deux groupes : les avocats de la partie civile et les avocats de la défense.

Le groupe A défend la victime et la thèse selon laquelle les téléphones portables sont dangereux pour la santé ; le groupe B défend l'employeur et la thèse selon laquelle les téléphones portables ne sont pas dangereux pour la santé.

Un dossier est distribué aux élèves. Il est constitué de sept extraits de recherches actuelles portant sur l'apparition de maladies sur des animaux, des enquêtes épidémiologiques, des tests sur la mémoire. Chaque groupe étudie les documents et prépare des arguments pour le jeu de rôle. Toute la leçon a fait l'objet d'enregistrements audio et vidéo. La totalité des échanges a été retranscrite³. L'analyse a été menée à partir des transcriptions et des dossiers écrits des étudiants.

Les cadres d'analyse

Les champs disciplinaires convoqués

Le débat en classe sur les questions socialement vives a une portée différente de celle du débat sur une notion scientifique. L'argumentation en classe sur les questions socialement vives, du fait même de leur nature, ne se cantonne souvent pas dans une approche uni-disciplinaire. Les savoirs impliqués représentent des « îlots de rationalité », comme les désigne G. Fourez (1997), interdisciplinaires et plus ou moins grands selon la taille du contexte sociétal envisagé. Aujourd'hui, G. Fourez préfère utiliser l'expression « îlots de savoirs ».

Comme nous l'avons vu plus haut, les questions socio-scientifiques peuvent avoir des implications dans des domaines variés : biologique,

^{2.} Sciences et technologies de l'agronomie et de l'environnement.

^{3.} L'ensemble des verbatims peuvent être consultés sur le site Internet suivant : http://www.enfa.fr/cdrv/layout.php?ct=pc/disc-pc.htm (consulté le 7 novembre 2008).

physique, chimique, social, éthique, politique, économique, environnemental, etc. Nous identifierons dans les productions des élèves/étudiants les domaines abordés en distinguant quatre champs principaux : le champ scientifique, le champ économique et politique, le champ éthique et le champ religieux.

Nous associons les champs économique et politique car ils sont corrélés. Nous distinguons les champs éthique et religieux (le champ religieux étant caractérisé par un suivi des prescriptions dans telle ou telle religion). L'éthique constitue une branche de la philosophie examinant et analysant la pensée qui peut être utilisée pour justifier les choix moraux et les actions dans des situations particulières. L'éthique est l'art de diriger les conduites et les pensées. C'est la connaissance théorique du bien. Elle répond aux questions suivantes : qu'est-ce qui est moralement mauvais ? Qu'est-ce qui est moralement bon ou acceptable ? Elle fournit les critères de ce que nous avons le droit de faire ou de ne pas faire.

On distingue une perspective téléologique de l'éthique fondée sur la fin et une perspective déontologique définissant la morale. Il existe ainsi une opposition entre deux héritages éthiques : l'héritage aristotélicien, où l'éthique est caractérisée par sa perspective téléologique (de telos, signifiant « fin ») ; et l'héritage kantien, fondé sur la morale qui est définie par le caractère d'obligation de la norme, donc par un point de vue déontologique (déon -ontos signifiant « devoir »). Ainsi, l'éthique téléologique (ou « conséquentialisme ») considère que l'on doit faire une action parce que c'est bien, mais aussi parce que ses conséquences sont bonnes. Alors que l'éthique déontologique considère qu'on doit faire une action parce que c'est une obligation qu'elles qu'en soient les conséquences. Cette éthique se fonde sur l'exigence d'universalité. Ces principes universels ne disent pas ce qu'il faut faire, mais à quels critères il faut soumettre les maximes de l'action : à savoir qu'ils doivent être valables pour tout homme, en toutes circonstances, et sans tenir compte des conséquences.

Nous analyserons quels sont les champs qui sont les plus convoqués dans les argumentations des élèves/étudiants. En ce qui concerne les champs scientifiques et économico-politiques, nous évaluerons l'exactitude des concepts et notions mobilisés.

Le modèle de S. Toulmin (1958) a été particulièrement utilisé par les didacticiens des sciences pour analyser les argumentations des élèves en classe de sciences (Erduran, Simon & Osborne 2004 ; Osborne et al. 2001 ; Jiménez Aleixandre, Bugallo Rodriguez & Duschl 2000 ; Orange 2003...). S. Toulmin identifie les données (ce sont les faits que ceux qui développent une argumentation rapportent pour étayer leur conclusion), la conclusion, les lois de passage (qui justifient les liens entre les données et la conclusion), les supports (ce sont des fondements généralement admis qui appuient les justifications particulières des raisons émises). Le schéma de base est : parce que (données), vu que (loi de passage), en vertu de (support), donc (conclusion). Dans des argumentations plus complexes, S. Toulmin identifie les restrictions qui précisent les conditions dans lesquelles la conclusion peut être considérée comme vraie, c'est-à-dire les limites de la conclusion, et les réfutations qui précisent les conditions dans lesquelles une conclusion ne sera pas vraie. Les qualificateurs modaux (par exemple: « vraisemblablement ») articulent les conditions d'exception ou de réfutation à la conclusion.

Un certain nombre de limites ont été attribuées au modèle de S. Toulmin: non-intégration du dialogue⁴ ou pour C. Golder (1996) de la dimension dialogique, schéma trop pauvre qui ne permet pas de rendre compte des processus de dilatation (Brassart 1987), difficulté à inférer le schéma à partir des discours elliptiques des élèves (Naylor, Downing & Keogh 2001)⁵. M. P. Jimenez-Aleixandre, A. Bugallo Rodriguez et R. A. Duschl (2000) ont analysé un débat entre élèves sur un problème concret en génétique à partir du modèle de S. Toulmin. Ils ont trouvé que les arguments étaient peu complexes, que souvent les garanties n'étaient pas explicites et que les confusions conceptuelles affectaient la qualité des arguments. Ils ont identifié des facettes des arguments qui ne pouvaient pas être prises en compte par le modèle de S. Toulmin (par exemple des opérations épistémiques et l'influence de la culture scolaire sur les arguments produits par les élèves).

Le modèle de S. Toulmin peut cependant aider à l'amélioration de la qualité de l'argumentation des élèves. C'est ainsi que J. Osborne et ses

^{4.} Essentielle dans des débats portant sur des controverses socio-scientifiques.

^{5.} Le degré d'inférence requis à partir de l'implicite induit un risque non négligeable

collègues (2001) s'appuient sur l'apprentissage du schéma de Toulmin pour améliorer la qualité de l'argumentation des élèves sur des contenus scientifiques, notamment dans des démarches expérimentales menées avec les élèves.

Pour notre part, en raison des critiques qui lui ont été opposées en particulier dans le cas de l'analyse des argumentations sur les questions scientifiques socialement vives, nous avons renoncé à utiliser ce modèle ici.

L'expertise

L'argument d'autorité est bien connu. Il devient un sophisme lorsqu'il est utilisé pour faire autorité dans un champ différent de celui de l'expertise reconnue. La question de l'expertise et de sa validité est complexe.

Sur les questions socio-scientifiques, qui peut se qualifier expert ? Une personne ayant une notoriété scientifique attestée certainement, mais dans quel champ ? Peut-on affirmer comme I. Stengers (2005) que

« sur un problème ouvert, mettant en question l'avenir, un scientifique, formé sur un mode strictement disciplinaire, n'est pas plus expert que ce que l'on appelle "l'homme de la rue", inquiet ou révolté » ?

Sans compter que sur ces savoirs non stabilisés le statut de la preuve scientifique doit être encore plus questionné. Il faut se rappeler

« qu'une preuve scientifique ne fait autorité que dans le milieu purifié, préparé, que l'on appelle le laboratoire. Ce n'est pas parce qu'elle s'est concentrée sur des "faits" purifiés de toute idéologie qu'une science est capable de prouver, mais parce qu'elle a réussi à opérer une sélection toujours risquée entre ce qui doit être pris en compte et ce qui peut être éliminé » (Stengers 2005).

Par exemple, l'impact d'un OGM en agriculture est difficile à évaluer. Il faudrait le faire au cas par cas, de façon contextualisée et sur une période assez longue. Il faudrait tenir compte de la variation des coûts de semences et de traitements, de la modification de la nocivité des traitements mais aussi des modifications des pratiques culturales des agriculteurs et de leurs répercussions (limitation de l'érosion, diminution du temps de travail par exemple), des effets environnementaux directs et indirects...

Sur des techno-sciences, des savoirs non stabilisés, peut-on se fier à la seule expertise scientifique parce que la vraie science serait pure,

non entachée d'idéologies et ne compliquerait pas les réponses « en les déployant dans leur complexité et leurs incertitudes » ? Risque-t-on de négliger des aspects importants sortant du cadre assigné à l'expertise ?

D. N. Walton (1997, p. 205-206) a énoncé six questions pour évaluer « l'appel à l'opinion de l'expert » :

- « 1 question d'expertise : est-ce que E (l'expert) est crédible en tant que source d'expertise ?
- 2 question du champ : est-ce que E est un expert du champ dans lequel A (l'argument) est employé ?
- 3 question d'opinion : qu'est-ce que E affirme qui implique A?
- 4 question de confiance : est-ce que E est une personne fiable ?
- 5 question de cohérence : est-ce que A est cohérent avec ce qu'affirment les autres experts ?
- 6 question du support de la preuve : est-ce que l'affirmation de E est fondée sur une preuve ? »

De plus, dans le domaine des questions socio-scientifiques, les déclarations des experts sont parfois sujettes à caution, car on les soupçonne d'être influencés par divers enjeux, notamment le financement de leurs recherches. Nous analyserons comment les élèves/étudiants font « appel à l'opinion des experts » et comment ils l'évaluent.

La place des valeurs

Affirmer que l'objectif principal de l'enseignement des questions socio-scientifiques est de former les élèves à la prise de décision réfléchie nécessite des clarifications. On peut dire que la prise de décision réfléchie doit être basée sur des savoirs dont on évalue la crédibilité, mais aussi que les décisions sur ces questions résultent d'interactions entre savoirs et valeurs (par exemple, des valeurs permettent de juger de la désirabilité de diverses conséquences éventuelles liées à des décisions alternatives). Des personnes peuvent prendre des décisions différentes à partir des mêmes savoirs en raison de valeurs différentes, ou de hiérarchisation différente des valeurs.

Par ailleurs, des valeurs, que certains auteurs qualifient de valeurs épistémiques, sont intrinsèquement liées à la science. S. D. Kolstø (2005) a listé les valeurs proposées par différents auteurs. T. Kuhn (1977) a suggéré 5 valeurs épistémiques pour guider le choix d'une théorie en science : l'exactitude empirique, la cohérence avec les théories actuelles (cohérence externe) et avec différentes parties d'une théorie (cohérence interne), la portée, la simplicité qui rend compte de la capacité à expliquer le plus de phénomènes possibles à partir d'une théorie unifiée, enfin la fertilité c'est-à-dire la capacité à rendre compte de nouveaux phénomènes ou de nouvelles relations. Ainsi, T. Kuhn revendique le fait que le choix d'une théorie est guidé par des valeurs et non par des règles. Cela implique donc que des scientifiques utilisant les mêmes informations et les mêmes critères scientifiques puissent être en désaccord comme on l'observe sur de nombreuses questions socio-scientifiques controversées; en effet, le recours aux valeurs, par définition, inclut un jugement subjectif.

Quant à E. McMullin (1982), il a proposé les valeurs épistémiques suivantes pour caractériser une « bonne » théorie scientifique : l'exactitude prédictive, la cohérence interne et externe, le pouvoir unifiant (pour rassembler des aires de recherche disparates, par exemple la théorie magnétique et électrique), la fertilité et la simplicité. T. Kuhn et E. McMullin ont affirmé qu'il ne s'agit là que de suggestions et que d'autres valeurs épistémiques pouvaient être identifiées.

Dès 1942, R. Merton a défini 4 valeurs fondamentales qui prenaient en compte la dimension sociale de l'activité scientifique : le communalisme, l'universalisme, le désintérêt, et le scepticisme organisé. Le communalisme implique que les résultats de la science sont le produit d'une collaboration sociale et appartiennent à la « communauté ». Donc, les échanges d'informations scientifiques doivent être libres entre tous les scientifiques ; et les résultats scientifiques représentent un savoir public qui doit être publié. L'universalisme implique que la nationalité, le genre, etc. ne doivent pas être pris en compte pour juger des résultats scientifiques. R. Merton donne un sens particulier au terme désintérêt. Le désintérêt signifie que l'évaluation des résultats des pairs ne doit pas être influencée par des biais tels que des intérêts personnels ou politiques. Enfin, le scepticisme organisé met en exergue l'importance de l'évaluation de toute nouvelle conclusion : aucun résultat ne doit être accepté du seul fait de l'autorité de l'auteur. On peut noter sur les questions socio-scientifiques de sérieuses atteintes au communalisme du fait de la préservation du secret industriel, notamment dans les domaines des biotechnologies et de la médecine. Ainsi, dans une enquête de 1997, portant sur 2 167 membres de départements de sciences de la vie d'universités américaines, 34 % des professeurs ont affirmé qu'on leur a

refusé l'accès à des résultats de recherche ou à des productions de leurs collègues académiques (Stengers 2005).

Quant à H. E. Longino (1997), elle a distingué de façon claire des valeurs sociales en sciences qu'elle désigne sous le terme de « vertu », comme l'applicabilité aux besoins humains actuels ou la diffusion du pouvoir (par exemple en médecine, pour favoriser les prises de décisions individuelles sur la santé).

Les questions socio-scientifiques controversées rentrent dans le domaine de la *Post Normal Science* (PNS) définie par S. O. Funtowitcz et J. R. Ravetz (1993) comme une science ayant des liens importants avec les besoins humains, porteuse de grandes incertitudes, de grands enjeux, de valeurs, et nécessitant des prises de décisions urgentes. La dimension sociale des sciences est soulignée dans la PNS. Ces auteurs ne défendent pas un « relativisme » absolu, mais insistent sur le fait que les processus de décision sur la PNS doivent inclure des dialogues ouverts avec toute personne concernée. Ils introduisent la notion de « *extended peer community* ».Il convient pour eux de peser les conséquences sociétales des alternatives.Nous analyserons si les élèves/étudiants ont recours aux valeurs épistémiques et sociales de la science pour étayer leurs argumentations.

Les fallacies

Parmi les stratégies argumentatives développées sur les QSS controversées, étant donné la vivacité des débats à leur propos, des stratégies fallacieuses sont fréquemment mobilisées. Bentham, philosophe et juriste anglais de la fin du xviii siècle, définit les *fallacies* comme tout argument pour tromper ou engendrer une opinion erronée susceptible d'être admise par l'interlocuteur. Elles peuvent être utilisées notamment pour empêcher une proposition ou une discussion légitime. Elles se distinguent des paralogismes qui sont des arguments fondés sur une logique invalide qui relèvent de l'erreur de raisonnement. Les *fallacies*, quant à elles, relèvent de la manipulation. Elles peuvent exploiter les émotions ou les faiblesses intellectuelles ou psychologiques. Bentham a en particulier étudié les *fallacies* en politique (Bentham 1824).

En référence à C. Plantin (2005), on peut distinguer quatre stratégies fallacieuses :

- les stratégies d'autorité qui invoquent la sagesse des ancêtres, l'absence de précédent, fétichisent les institutions, etc.;
- les stratégies alarmistes qui visent à réprimer la discussion en suscitant la méfiance;
- les stratégies de temporisation qui repoussent la discussion en vue de l'empêcher ;
- les stratégies jetant le trouble ou la confusion en ayant recours à des discours biaisés, des impostures terminologiques, des généralités vagues, des classifications hâtives, des pseudo-distinctions, l'irrationalisme, des paradoxes, des erreurs sur la cause, des visions partielles ou partiales de la situation, des rejets de principe d'une proposition.

Nous essaierons d'identifier si les élèves/étudiants ont recours à ces types de stratégies, ou les dépistent, notamment à travers l'utilisation de slogans qui les porteraient.

Résultats

Domaines de référence des arguments

Dans toutes les analyses de discours contradictoires sur des questions socio-scientifiques controversées, les étudiants en licence EATS se sont appuyés sur des arguments de nature scientifique. Les domaines convoqués varient évidemment en fonction des questions traitées. La biologie est la discipline la plus mobilisée. On voit ici combien les contradictions dans les résultats de recherche en biologie sur les QSS sont relevées par les étudiants, notamment sur des applications médicales : la pertinence de la vaccination, le clonage humain thérapeutique, l'efficacité de l'homéopathie, la conception de bébés médicaments.

Les arguments en écologie sont évoqués sur les questions de l'énergie nucléaire, de l'éolien et de la sélection génétique en élevage. Cette dernière, privilégiant certaines races et favorisant la consanguinité, réduirait la variabilité génétique, entraînerait la disparition de races possédant des caractéristiques qui pourraient se révéler utiles dans l'avenir.

Sur la question de la réintroduction de l'ours dans les Pyrénées, de nombreux champs scientifiques sont évoqués. En écologie, ce sont des

points de vue contradictoires sur l'évolution de la biodiversité qui sont identifiés. D'un côté,

« le pastoralisme a un rôle écologique dans la conservation d'une importante diversité d'habitats et donc d'espèces ; protéger une seule espèce (l'ours) reviendrait à en faire disparaître bien plus ».

D'un autre côté,

« l'état des lieux des grands mammifères sur les Pyrénées montre un environnement dégradé et le manque de certains maillons dans les chaînes alimentaires contribuant à déséquilibrer l'écosystème ; il faudrait non seulement réintroduire l'ours, mais aussi d'autres éléments manquants des chaînes trophiques comme le bouquetin ».

Le domaine de l'aménagement de l'espace est un champ de controverses dans le cadre de la mise en place d'éoliennes ou de la réintroduction de l'ours. Sur cette dernière question, l'ours est accusé de « porter atteinte au pastoralisme, ce qui entraînerait la fermeture des paysages en favorisant les risques et l'impact des incendies ».

Par ailleurs, dans le domaine de la santé vétérinaire, un argument en faveur de l'ours est rapporté : il maintiendrait un bon état sanitaire du gibier en ne prélevant que les animaux malades.

Des savoirs contradictoires en zootechnie sont évoqués sur la question de la sélection génétique en élevage dans l'opposition standardisation/amélioration des animaux. Logiquement, des arguments du champ de la physique sont mobilisés sur la question de la dangerosité des téléphones cellulaires. Enfin, sur la question de la dangerosité et de la dépénalisation du cannabis, des arguments neurologiques et psychiatriques sont discutés.

Si les arguments de nature scientifique analysés par les étudiants sont contradictoires, ils ne sont pas fondés sur des données inexactes et révèlent la coexistence de données scientifiques divergentes sur des questions situées sur le front de la recherche. Cependant, sur le clonage humain thérapeutique, un étudiant s'appuie sur un fait contestable (« 100 % des animaux clonés sont anormaux » qui conduit à affirmer que « leurs cellules le sont aussi ») pour disqualifier le clonage thérapeutique. Il reprend là une affirmation d'un des discours contradictoires qu'il rapporte en la généralisant hâtivement sans preuve : « c'est un fait qui est souvent rapporté dans les écrits ».

Les étudiants ont eu diversement recours à des arguments économico-politiques et pas seulement parce que les questions s'y prêtaient moins. Ces arguments semblent trahir sur certains thèmes l'engagement politique des étudiants. Ainsi, un étudiant s'exprimant sur l'intérêt des vaccins, a dénoncé les intérêts financiers des firmes pharmaceutiques, tandis qu'un étudiant s'intéressant à l'homéopathie n'a mobilisé que des arguments scientifiques.

La hiérarchisation des arguments développés dépend des thèmes analysés et des points de vue des étudiants. Sur l'énergie nucléaire et la brevetabilité du vivant, les arguments économiques prévalent sur les arguments scientifiques. Tandis que sur la question de la réintroduction de l'ours, les arguments scientifiques prédominent sur les arguments économiques qui sont liés à l'image positive de l'ours dans le tourisme et non pas aux pertes financières des éleveurs.

Des arguments d'ordre éthique ont été mobilisés sur trois questions : la conception de bébés médicaments, le clonage thérapeutique et la sélection animale pour l'élevage. La conception de bébés médicaments peut-être envisagée dans le cas où des parents auraient un enfant atteint d'une maladie génétique grave qui nécessite une greffe de tissu ou de cellules pour guérir. Mais il faut un donneur compatible. Concevoir un bébé médicament consiste à sélectionner un embryon dont on pourra prélever des cellules pour sauver son aîné(e). Sur cette question, l'argument éthique est téléologique et fondé sur l'importance de soulager le désespoir des parents. Dans le cadre de la sélection génétique dans l'élevage, l'argument éthique repose sur le bien-être animal : la sélection est faite pour les besoins de l'homme au détriment du bien-être des animaux d'élevage. Sur le clonage thérapeutique, l'étudiant oppose de façon dialectique divers arguments éthiques qui finalement posent la question du statut de l'embryon. Aucun argument religieux n'a été utilisé, alors que cela a été le cas dans de nombreux débats avec des élèves étudiés aux États Unis et en Tunisie sur le génie génétique, et notamment le dépistage génétique (Sadler & Donnelly 2006 ; Chalghoumi-Trabelsi & Simonneaux 2006).

Des arguments opposés du domaine juridique ont été mobilisés tout à fait logiquement sur deux questions : la brevetabilité du vivant et la dangerosité/dépénalisation du cannabis.

Les élèves participant à un débat sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires se réfèrent essentiellement au registre scientifique, mais argumentent également sur le plan épistémologique tout en s'appuyant sur leurs expériences personnelles.

Les élèves mobilisent des concepts scientifiques et se réfèrent aux résultats de recherche de façon exacte. Ils soulèvent des critiques sur les protocoles expérimentaux mis en œuvre dans les recherches (par exemple sur une durée d'exposition estimée insuffisante, sur la pertinence d'utilisation d'animaux clonés, sur les modes de constitution de groupes expérimentaux dans les enquêtes épidémiologiques), évoquent l'absence de preuve, la nature et les limites de l'investigation scientifique. Un élève s'oppose par exemple à la transposition à l'homme des résultats obtenus sur les animaux :

et puis la nature des vers utilisés, ils sont sûrement plus sensibles, enfin beaucoup plus sensibles que l'homme, je trouve que l'on ne peut pas comparer, pour plusieurs de ces expériences, elles ne peuvent pas être comparées à ... à l'homme.

Les élèves évoquent également le grand nombre d'utilisateurs de téléphones portables en France et les modes de développement du cancer pour appuyer les thèses défendues relativement à l'innocuité de la téléphonie mobile ou à sa dangerosité.

À une occasion, on peut s'interroger sur une confusion opérée par un élève à propos des résultats d'une enquête épidémiologique mais l'analyse ne permet pas de déterminer si la confusion relève d'une interprétation erronée du texte ou d'une argumentation fallacieuse. Nous y reviendrons plus loin.

Évaluation de l'expertise

Dans l'analyse des argumentations contradictoires, 19 étudiants sur 24 évaluent l'expertise en répondant à la question 2 (cf. présentation des corpus). L'analyse à partir des questions énumérées par Walton montre que les questions d'expertise (est-ce que E [l'expert] est crédible en tant que source d'expertise ?), du champ (est-ce que E est un expert du champ dans lequel A [l'argument] est employé ?) et de confiance (est-ce que E est une personne fiable ?) sont intimement liées par les étudiants. Pour eux, un expert est jugé crédible s'il est expert du champ et il est alors digne de confiance.

Cet auteur est fiable car on s'aperçoit qu'il connaît le sujet, s'appuie sur des données de physique, de chimie, de médecine qui ne peuvent être contredites. Il est diplômé en médecine, psychiatre émérite ayant reçu de nombreux prix.

Elle est diplômée de la faculté de médecine et possède des compétences médicales précises. On peut donc dire qu'elle est fiable.

On peut considérer que les experts sont très fiables car ils ont réalisé des études scientifiques et sont qualifiés en biologie et physique.

Ils doivent être compétents en la matière car ils sont tous d'éminents spécialistes.

L'expert peut être jugé fiable car il fait preuve de prudence épistémologique.

L'auteur est un médecin apparemment reconnu puisque directeur d'un service d'hématologie dans un hôpital. On peut avoir une certaine confiance envers ses propos. De plus, il prend soin de parler au conditionnel, ce qui montre un souci de ne pas cacher le manque de connaissances de la science dans le domaine du clonage humain reproductif. Il parle également d'autres techniques pour obtenir des cellules souches, notamment en les prenant sur des organismes adultes, ce qui montre une impartialité dans ses propos.

Ce qui est intéressant c'est que l'auteur nuance les propos et donne aussi quelques arguments qui font douter.

Cette prudence épistémologique conduit parfois l'expert à mettre en évidence les incohérences entre les expertises, ce qui ajoute à sa fiabilité.

Cet expert est fiable car il remet en question la fiabilité des protocoles expérimentaux en affirmant que : « l'étude mérite d'être répliquée », « des résultats contradictoires rendent toute conclusion difficile ».

Il admet que les résultats peuvent être variés et donc non interprétables.

L'expert est jugé fiable par 10 étudiants sur 24 car il a des points de vue étayés par différents experts ou cohérents avec d'autres experts (question de cohérence).

Ses arguments sont valides car il s'appuie sur différents savants reconnus. Les experts se sont fondés sur des recherches bibliographiques. Chaque expert a été chargé d'analyser les publications dans son champ d'expertise.

La question du support de la preuve (est-ce que l'affirmation de E est fondée sur une preuve ?) est analysée par 16 étudiants. Mais la preuve elle-même n'est pas souvent examinée. Il suffit qu'il s'agisse de « faits scientifiques publiés » qui sont résumés par les étudiants dans des listes non commentées.

Ses arguments sont valides car ils s'appuient sur des faits scientifiques avec des dates précises.

A contrario, dans 6 cas, l'absence de sources, de données chiffrées et datées disqualifie pour les étudiants l'argumentation.

Pour être convaincant, l'auteur aurait dû citer ses sources.

Un étudiant discute la fiabilité des chiffres : « Encore faut-il que les chiffres soient exacts ».

L'artificialité des résultats obtenus dans les conditions pures et stables des laboratoires a été questionnée au sujet de la pertinence de leur transfert dans la sélection génétique en élevage.

Les élèves participant à un débat sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires évaluent les expertises scientifiques contradictoires en mobilisant les notions de fiabilité, de preuve et de cohérence entre les experts.

L'élève qui initie les discussions lors du débat, introduit d'entrée de jeu un argument en faisant référence à la cohérence des résultats obtenus dans les différentes recherches précédemment évaluées en petits groupes. Il ré-affirme ensuite cette idée en faisant référence de manière vague au nombre des recherches qui impliquent cet argument.

Arnaud⁶ (groupe A): Dans l'ensemble des expériences, enfin, des textes, on peut relever que le téléphone portable modifie le fonctionnement du système nerveux, du cerveau.

Sébastien (groupe A) : Voilà, voilà, exactement... lié aussi à la mémoire. Arnaud (groupe A) : Et ça dans 2 ou 3 expériences on peut le relever.

Les élèves font « appel à l'opinion des experts » en s'appuyant sur les arguments qu'ils ont identifié dans les textes présentant les recherches, comme dans l'extrait suivant.

Katia (groupe A): Dans la recherche 2, il est prouvé que les téléphones portables sont... attaquent le cerveau parce que... dans cette expérience, des rats sont exposés à des micro-ondes qui atteignent le cerveau et, même si l'hippocampe est profondément enfoui, la tumeur, elle peut se développer à un endroit... enfin, elle peut commencer à un endroit et puis se développer ensuite...

William (groupe A): Dans tout l'organisme.

^{6.} Les prénoms des élèves rapportés ici sont des pseudonymes qui respectent leur genre.

Le groupe défendant la thèse de la dangerosité de l'utilisation des téléphones portables a plus souvent recours à cette forme d'appel à l'expertise que ceux défendant la thèse opposée. Ces derniers mobilisent essentiellement la notion de fiabilité des résultats scientifiques pour les mettre en doute.

Une élève de ce groupe soulève par exemple la question de l'utilisation de souris génétiquement modifiées dans une recherche pour mettre en cause la fiabilité des résultats. Un autre élève de ce groupe appuie cette remise en cause en comparant les souris génétiquement modifiées, objets de l'étude expérimentale, à la nature humaine des utilisateurs de portables. Cette distinction a pour conséquence de jeter le trouble, le doute sur l'argument précédemment développé par l'autre groupe à partir de l'extrait de recherche n° 4. Les élèves du groupe A se justifient en faisant référence au protocole expérimental.

Caroline (groupe B): Alors ce n'est pas fiable.

Arnaud (groupe A): Donc, ce n'est pas fiable! Pourquoi ce n'est pas fiable? Fabien (groupe B): Parce que c'est un organisme génétiquement modifié et que nous n'en sommes pas. Et on utilise un téléphone portable... donc vous avez tort!

Arnaud (groupe A): Dans toute la population il y a bien...

Sébastien (groupe A) : Si il faut, ils ont été... [plus bas, lit son papier] pour augmenter la sensibilité là...

Arnaud (groupe A): C'est pour que ça ressorte

Sébastien (groupe A): Parce que l'expérience n'a été expérimentée que sur 18 mois, ce qui est une période un peu courte.

La notion de preuve et des considérations de nature épistémologique jouent également un grand rôle dans l'argumentation des élèves à propos de cette controverse. La discussion dans l'extrait qui suit porte sur la nature de la recherche, du travail scientifique.

Nathan (groupe B) : Objection ! Je lis : « Cependant les chercheurs ont indiqué qu'ils croient... » Ceci est fondé que sur une hypothèse donc...

Sébastien (groupe A) : Oui mais c'est la recherche

William (groupe A): Oui mais ça c'est pour l'hippocampe.

Sébastien (groupe A) : C'est la recherche... c'est...

Katia (groupe A): Oui, c'est ça, c'est ce que je disais, ils croient que l'hippocampe est trop profondément enfoui mais...

Nathan (groupe B): Oui, mais ils croient... ils croient à q...?

William (groupe A): Oui mais des recherches plus récentes ont montré que...

Fabien (groupe B): Ils sont croyants, ils ne sont pas savants!

Nathan (groupe B): Ils n'apportent pas de preuve

William (groupe A): Une recherche plus récente a montré que... donc euh.

c'est une preuve... a montré que

Nathan (groupe B): Je suis désolé on ne peut pas justifier cette expérience et

Arnaud (groupe A) : Si elle peut se justifier l'expérience [lit ses documents]

Le statut hypothétique des affirmations apparaît pour un élève du groupe B comme un indice de la non-fiabilité des résultats, la recherche devant apporter des preuves. Un élève du groupe A s'oppose et tente d'expliquer que cela relève de la nature de la recherche, que ce statut hypothétique est inhérent à l'investigation scientifique. Des élèves s'opposent en indiquant que la recherche doit établir des savoirs et ne pas se baser sur des croyances. Nous y reviendrons dans la partie portant sur l'analyse des recours aux valeurs épistémiques et sociales en sciences.

Recours aux valeurs épistémiques et sociales en sciences

Dans les deux corpus, nous constatons que les élèves et les étudiants ont peu recours aux valeurs épistémiques en sciences.

Globalement peu d'étudiants (6 sur 24) ont recours aux valeurs épistémiques en sciences dans l'analyse des argumentations contradictoires sur les questions socio-scientifiques qu'ils ont étudiées. Parmi les valeurs épistémiques en sciences, la simplicité n'est jamais évoquée. La portée et la fertilité ont été reconnues sur la conception de bébés médicaments. Le pouvoir d'unification entre différentes hypothèses n'a été relevé que sur la question de l'origine de la disparition des dinosaures choisie par un étudiant (mais s'il s'agit là d'une question controversée sur le plan scientifique, ce n'est pas une question socio-scientifique). L'exactitude (sur les questions des vaccins, de la disparition des dinosaures et de la dangerosité des téléphones cellulaires), la pertinence prédictive (sur la dangerosité des téléphones cellulaires, sur la disparition des dinosaures et sur la sélection génétique en élevage) et les cohérences interne et externe (sur la dangerosité des téléphones cellulaires, sur la disparition des dinosaures et sur la sélection génétique en élevage) sont les valeurs qui ont été le plus mobilisées. Sur la question de la brevetabilité du vivant, l'étudiant dénonce l'impossible communalisme des travaux qui doivent rester secrets jusqu'au dépôt d'une demande de brevet.

Par contre, en ce qui concerne les valeurs sociales en sciences, presque tous les étudiants se sont référés à l'applicabilité aux besoins humains. De ce fait, ils situent effectivement ces questions socio-scientifiques dans le champ de la *Post Normal Science* (PNS) et accordent explicitement une place importante à leur dimension sociale. D'ailleurs, près de la moitié font référence à d'autres caractéristiques de la PNS sur ces questions : l'importance de l'incertitude, des enjeux et des valeurs. Sur les questions de la brevetabilité du vivant, de la conception de bébés médicaments et de l'éolien, ils ont insisté sur l'exercice du partage du pouvoir de décision des individus concernés ce qui renvoie à la nécessaire « communauté des pairs étendue » exigée dans les domaines de la PNS.

Les élèves participant à un débat sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires font peu référence aux valeurs épistémiques et sociales en sciences. À une seule occasion, les interventions lors du débat peuvent être rapprochées des valeurs épistémiques d'universalisme et de désintérêt évoquées par R. Merton (1942).

Dans le dernier extrait du paragraphe précédent, des élèves s'opposent en indiquant que la recherche doit établir des savoirs et ne pas se baser sur des croyances. Cela révèle une distinction entre savoirs et opinions qui porte en filigrane l'idée selon laquelle les savoirs produits seraient neutres, indépendants de toute idéologie, objectifs et universels, par opposition aux opinions, subjectives, porteuses de valeurs, relatives, dépendantes des individus, des contextes sociaux et culturels.

Recours aux fallacies

Dans l'argumentation de leurs points de vue, les étudiants s'appuient sur des stratégies fallacieuses. Ils invoquent la sagesse des ancêtres dans les domaines liés à l'agriculture (production d'OGM et sélection animale).

Dans le passé, il aurait été aberrant qu'un mâle reproducteur ait été utilisé à la fois comme père, grand-père et arrière grand-père des nouvelles génisses.

Les propos alarmistes fleurissent ; par exemple, au sujet de la vaccination :

On ne compte plus les cas de mort subite du nourrisson, scléroses en plaques, maladies d'Alzheimer, cancers dus aux vaccins.

Ou sur le clonage humain thérapeutique : « C'est la porte ouverte au clonage reproductif ».

C'est sur le brevetage du vivant que les fallacies sont les plus nombreuses:

C'est du biopiratage [...] ; il permettra la marchandisation de l'homme. Des centaines de gènes feront l'objet de brevets et nous ne pourrons plus assumer financièrement notre système de santé.

Il freine le transfert de technologies vers les pays en voie de développement. Privatiser une semence équivaut à privatiser la base même de l'alimentation. En un mot, les brevets limitent la souveraineté alimentaire.

Mais, sont-ils toujours fallacieux?

À propos de l'agriculture : « Aujourd'hui, nous sommes au courant des erreurs que l'on a faites auparavant ; alors agissons en pensant à demain ».

On peut s'interroger sur l'intention fallacieuse des propos de l'étudiant sur l'agriculture et s'ils ne révèlent pas de façon sous-jacente une perception de la valeur provisoire des connaissances scientifiques ou s'ils ne renvoient pas à un jugement critique des politiques agricoles qui ont eu des conséquences néfastes.

À propos du brevetage du vivant, nous nous interrogeons là encore sur les intentions « fallacieuses » des étudiants, et s'ils ne dévoilent pas leurs véritables préoccupations sur les impacts sociétaux de cette question.

Des stratégies cherchent à semer le trouble, en mettant par exemple en exergue l'irrationalisme :

Dans mon exploitation de stage, ils avaient une très bonne génétique⁷ ; du coup, le surplus de lait était jeté à la fosse de fumier.

Par curiosité, je me suis intéressé au livret et papiers du troupeau et à ma grande stupeur, les vaches étaient parentées [sic]. Une génisse avait le même père qu'une vache déjà âgée de 4 ans, de même que deux autres individus, l'arbre généalogique se croisait...

^{7.} Avoir « une bonne génétique » signifie que les animaux de l'exploitation sont le plus souvent sélectionnés sur des critères liés à la productivité en lait. Cela entraîne une production qui dépasse le quota autorisé. Il faut jeter le surplus de lait.

Des slogans visent la dénonciation de manipulations, par exemple sur la vaccination :

Une affaire en or pour les producteurs de vaccins!

Un marché juteux.

Un endoctrinement, une désinformation avec trucage des statistiques.

ou sur l'efficacité de l'homéopathie : « C'est une grande farce » ; « du charlatanisme » ; « une religion ».

Très logiquement, c'est dans le jeu de rôle que les élèves mobilisent davantage des stratégies fallacieuses. Le jeu de rôle est fondé sur un procès dans lequel les protagonistes doivent convaincre le juge.

Les arguments développés à partir des extraits de recherche impliquent toujours un procédé d'argumentation fallacieuse (dans les 2 groupes). Le groupe A a plus souvent recours à ce type de stratégie. Le groupe B argumente plus sur un plan épistémologique sans argumentation fallacieuse.

Ces stratégies argumentatives jettent le plus souvent le trouble ou la confusion et impliquent une présentation partielle des extraits de recherche, le recours à des généralités vagues et des erreurs sur la cause pour le groupe A. Pour le groupe B, ces stratégies sont moins souvent employées et s'appuient sur des discours biaisés, des généralités vagues, des erreurs sur la cause et une vision partielle ou partiale de la situation.

De plus, les élèves des deux groupes développent des discours biaisés, les élèves du groupe B opèrent à une occasion une classification hâtive, et formulent par deux fois un rejet de principe d'une proposition.

Les élèves des deux groupes font aussi appel à l'autorité et à une occasion les élèves du groupe B emploient une stratégie de temporisation qui repousse la discussion.

S'appuyant sur des extraits de recherche, les élèves présentent une vision partielle ou partiale de la situation. Par exemple, un élève du groupe A s'appuie sur deux extraits de recherche sans y faire explicitement référence. Dans un extrait, les recherches portent sur des animaux (rats) et le texte indique une réserve que les chercheurs ont exprimée à propos de la portée de leurs résultats (l'hippocampe serait trop profondément enfoui dans le cerveau pour être atteint par les émissions des téléphones cellulaires).

Dans un autre extrait, la recherche porte sur la comparaison des temps de réponse de personnes à la projection de mots et d'images. Pour les personnes munies d'un casque expérimental simulant les émissions des téléphones cellulaires, les résultats ont indiqué une amélioration de 4 % dans les temps de réponse.

Le fait de ne pas exprimer que la première recherche est basée sur une expérimentation animale permet à l'étudiant de ne pas soulever la question de la validité de la transposition à l'homme des résultats obtenus sur des animaux, question qui a été débattue en groupes de discussion lors de l'évaluation des textes.

De même, les élèves ont précédemment discuté de la question de l'hippocampe dans cette recherche et des effets positifs observés dans la seconde recherche. Ces éléments ont donné lieu à des épisodes d'argumentation collaborative en petits groupes (Albe 2006). Ici, la référence aux résultats des recherches présente une vision partielle.

Arnaud (groupe A): Dans l'ensemble des expériences, enfin, des textes, on peut relever que le téléphone portable modifie le fonctionnement du système nerveux, du cerveau

Sébastien (groupe A) : Voilà, voilà, exactement... lié aussi à la mémoire. Arnaud (groupe A) : Et ça dans 2 ou 3 expériences on peut le relever.

Par ailleurs, si dans un extrait de recherche les résultats montrent une augmentation du nombre de lymphomes chez les souris exposées, une autre recherche présente une conclusion contradictoire pour le cancer du sein. Un élève du groupe A argumentant sur la dangerosité des téléphones cellulaires ne fait pas mention de cette seconde recherche. Le fait que les souris soient génétiquement modifiées n'est également pas mentionné (bien qu'ayant fait l'objet de discussion lors de l'évaluation des textes). Il fait référence à un risque de cancer sans préciser de quel cancer il s'agit, alors que les extraits de recherche portent sur des cancers bien identifiés. On peut s'interroger sur son intention fallacieuse, il est peut-être simplement imprécis.

Sébastien (groupe A) : Le risque de cancer n'est pas clairement établi sur l'homme, mais... sur les souris oui. Alors, explique l'expérience n° 7, là.

Dans un autre extrait de recherche, il est précisé qu'aucun lien particulier n'a été établi entre les cancers du cerveau et l'usage de téléphones cellulaires. Les élèves ne le mentionnent pas ici. Ils s'appuient pour argumenter sur un autre résultat de cette recherche et l'expriment en termes de pourcentage, comme dans le texte, ce qui correspond à la stratégie précédemment discutée en groupe de discussion. Délibérément, les élèves se sont auparavant mis d'accord pour formuler leur argument en pourcentage plutôt qu'en nombre de personnes malades (40 % au lieu de 12 personnes) ; le pourcentage étant plus à même d'influencer leurs interlocuteurs. Cela leur permet de rester vagues sur le nombre de personnes atteintes dans cette recherche (12 personnes). On note qu'une élève commence à détailler les pourcentages et qu'un autre élève intervient, ensuite soutenu par deux autres élèves, ce qui a pour effet de conserver la présentation en pourcentages.

Arnaud (groupe A): Alors un cas concret par exemple dans la..., dans le...

Katia (groupe A) : Dans l'expérience.

Arnaud (groupe A): Dans l'expérience n° 7 on voit que 40 % des personnes ayant une forme particulière de cancer appelé neurocytome étaient des usagers du téléphone portable.

Katia (groupe A) : 40 % de... Sébastien (groupe A) : De 30 %.

Katia (groupe A): 40 % des 30 personnes. Ils étaient 30.

Sébastien (groupe A): Ah non, 40 % de...

Arnaud (groupe A): 40 % des personnes atteintes.

Agnès (groupe A): Et 40 % utilisaient le...

Une objection d'un élève du groupe opposé présente une confusion. Il reprend le pourcentage annoncé par l'autre groupe qui caractérisait le nombre d'utilisateurs de téléphone portable dans un groupe de personnes atteintes d'un cancer particulier du système nerveux (le neurocytome) pour l'attribuer au nombre de personnes malades. Cette confusion a pour conséquence de minimiser l'ampleur de l'apparition de cancer dû à l'utilisation de téléphone portable, d'autant qu'ensuite l'élève compare ce pourcentage à celui des utilisateurs dans l'ensemble de la population dans un procédé que l'on peut qualifier de classification hâtive et imprécise. Faisant référence à l'ensemble de la population, le nombre d'utilisateurs de téléphones portables exprimé ne tient pas compte de l'exclusion des jeunes enfants dans cette catégorie par exemple, et le chiffre indiqué ne correspond pas au nombre d'abonnés aux opérateurs de téléphonie mobile (environ 45 millions fin août 2005, soit 72,58 % par rapport aux 62 millions de Français).

Max (groupe B) : Il y a 40 % des atteints de cette maladie qui ont des problèmes, bon, qui ont une tumeur.

Arnaud (groupe A): Oui.

Max (groupe B): Il y a 50 % de la population qui utilise des portables.

Lorsque les élèves du groupe B s'opposent aux arguments énoncés par l'autre groupe, on note qu'un élève évoque l'absence de précédent. L'usage de cette stratégie d'autorité semble ensuite adoptée par un élève du groupe A accordant grand crédit aux recherches américaines, ce qui peut être qualifié, dans ce contexte, de fétichisation des institutions selon les stratégies fallacieuses de Bentham, si l'on considère la recherche menée aux États-Unis comme une institution.

Arnaud (groupe A): Oui, mais on n'a pas la date... des expériences. Donc c'est sûr qu'en 2002, il y a 50 % d'usagers du téléphone portable, mais en 1990 ils étaient...

Max (groupe B): Mais en 1990 il n'y avait pas de portable!

Arnaud (groupe A): Vous avez la date?

Sébastien (groupe A): Attendez les expériences... C'est des expériences menées aux États Unis.

Sébastien (groupe A): Oui, mais, là, tu parles en France, mais dans le monde?

Agnès (groupe A): Mais c'est pareil en France ou aux États-Unis.

Un élève du groupe B jette le trouble en ayant recours à l'importance comparative de l'utilisation des téléphones portables aux États-Unis et en France. Mais les élèves du groupe A ne se laissent pas entraîner dans cette stratégie.

Max (groupe B) : Alors aux États-Unis, l'utilisation des portables est peut-être plus importante qu'en France.

Sébastien (groupe A) : As-tu des chiffres?

Arnaud (groupe A): Et vous n'étiez pas sûr dans vos propos avant...donc euh.

Par ailleurs, des recherches présentant des résultats contradictoires quant à l'apparition de cancers ont porté sur des expérimentations avec des animaux génétiquement modifiés. Les élèves du groupe B s'appuient sur cet élément pour remettre en cause un argument précédemment avancé par l'autre groupe. Un élève cherche à jeter le trouble en demandant des précisions sur la nature de la modification génétique. Les élèves de l'autre groupe s'opposent à cette idée et précisent, après quelques hésitations, la nature de cette modification.

Nathan (groupe B): On ne sait pas sur quel point elles ont été modifiées donc euh...

Arnaud (groupe A) : *Mais si* Sébastien (groupe A) : *Si, si*

Arnaud (groupe A): Si on le sait. Alors, vous avez mal lu, déjà, le...

Sébastien (groupe A) : Veuillez ré-évaluer vos propos

Arnaud (groupe A) : Euh. Sébastien (groupe A) : De quoi?

Sébastien (groupe A): Oui, elles ont été modifiées pour être sensibles à la...

Arnaud (groupe A): Pour augmenter la...

Fabien (groupe B): Oui, mais on ne sait pas où elles ont été modifiées, vous avez mal lu votre...

William (groupe A): De quoi, il a dit de quoi.

Sébastien (groupe A) : Pour augmenter leur sensibilité au... lymphome.

Fabien (groupe B): Au cancer du sein... Ah mais on a les mêmes documents...

Sébastien (groupe A) : Veuillez réévaluer le propos.

Arnaud (groupe A): Je vous suggère de... mieux organiser votre défense.

Les élèves du groupe A s'appuient également sur les discours experts, considérés comme fournissant une preuve pour développer une argumentation alarmiste en exagérant l'impact des micro-ondes sur le cerveau. Ainsi, dans l'extrait suivant, une élève présente les résultats obtenus en déclarant que les cerveaux des rats sont « attaqués » (le texte indique que l'exposition réduisait l'activité électrique et affaiblissait la réponse aux *stimuli*).

On note également une vision partielle ou partiale de la situation : la recherche est basée sur une expérimentation animale et l'élève introduit son propos par la présentation de résultats généraux sur l'homme. Cette stratégie élude la question de la validité de la transposition à l'homme des résultats obtenus sur des animaux, question qui a été débattue en groupes de discussion lors de l'évaluation des textes.

L'apparition de tumeurs au niveau de l'hippocampe est ensuite évoquée, ce qui nous apparaît comme un discours biaisé dans la mesure où rien dans le texte présentant la recherche ne porte sur la carcinogenèse. Un autre élève dans ce groupe poursuit en introduisant dans la discussion un autre élément biaisé portant sur des effets sur la mémoire. Katia (groupe A): Dans la recherche 2, il est prouvé que les téléphones portables sont... attaquent le cerveau parce que... dans cette expérience, des rats sont exposés à des micro-ondes qui atteignent le cerveau et, même si l'hippocampe est profondément enfoui, la tumeur, elle peut se développer à un endroit... enfin, elle peut commencer à un endroit et puis se développer ensuite...

Types et domaines d'arguments utilisés dans des débats socio-scientifiques

William (groupe A): Dans tout l'organisme.

Katia (groupe A): Or la division cellulaire, les cellules, elles se divisent, elles se propagent dans tout le cerveau...

Sébastien (groupe A): Et puis ça atteint la mémoire apparemment.

Katia (groupe A): Donc ça touche la mémoire et...

Un élève exprime un discours biaisé en affirmant que les synapses des cellules nerveuses sont atteintes par les micro-ondes alors que le texte indique que ces cellules, impliquées dans le fonctionnement de la mémoire, peuvent devenir plus réceptives quand elles sont exposées aux micro-ondes. On note également une argumentation fallacieuse consistant en une erreur sur la cause : l'hippocampe serait atteint parce que les synapses sont atteintes.

Sébastien (groupe A): Peut-être que l'hippocampe est trop profond, mais ça a atteint les synapses des cellules nerveuses, donc de cause à effet l'hippocampe est lui aussi atteint.

Katia (groupe A): Et puis, de toute façon, même s'ils croient que l'hippocampe et trop profondément enfoui, hé bien...

Une élève s'appuie sur les discours experts pour développer un argument : l'origine du cancer est inconnue mais elle introduit un nouvel élément (d'autres maladies seraient en jeu), ce qui peut apparaître comme un discours biaisé.

Caroline (groupe B): Ceux qui disent qu'ils sont atteints par un cancer, on ne peut pas trop savoir s'ils sont atteints d'une autre maladie à part le problème du cancer.

Sébastien (groupe A) : À quelle expérience se réfère...

Caroline (groupe B) : *La 7*.

Sébastien (groupe A): La 7, donc vous disiez?

Caroline (groupe B) : Je disais qu'ils pouvaient être atteints d'une autre maladie.

Un élève de l'autre groupe s'oppose en s'appuyant sur les discours experts. Il cite le texte de l'extrait de recherche n° 7. Puis plus loin il poursuit son argumentation avec une stratégie fallacieuse consistant

en une erreur sur la cause : la validité statistique serait due à l'absence d'autres pathologies.

Arnaud (groupe A): Oui, mais à la fin de l'expérience, ils mettent : « Ce résultat est statistiquement significatif. »

William (groupe A) : Donc...

Arnaud (groupe A): Donc cela veut dire qu'il n'y a pas eu d'autre...

L'élève développe ensuite, en s'appuyant sur la recherche n° 7, comme précédemment lors du débat, une vision partielle de la situation : dans cet extrait de recherche, il est précisé qu'aucun lien particulier n'a été établi entre les cancers du cerveau et l'usage de téléphones cellulaires. Il ne le mentionne pas ici mais s'appuie pour argumenter sur un autre résultat de cette recherche en l'exprimant en termes de pourcentage, comme dans le texte, ce qui correspond à la stratégie précédemment discutée en groupe de discussion.

Sébastien (groupe A) : La différence de pourcentage est quand même assez... Arnaud (groupe A) : Ça influence.

Sébastien (groupe A): Est multipliée par deux. Qui peut vous dire, excusez-moi.

Les élèves de l'autre groupe contre-argumentent sur cette question. On relève une confusion dans les propos d'un élève. Le pourcentage indiqué (18 %) caractérise dans son discours la proportion de personnes malades utilisatrices de téléphones cellulaires. Ces 18 % correspondent au contraire au nombre de personnes qui utilisaient le téléphone portable dans le groupe contrôle. Il n'est pas possible de déterminer à partir des échanges si cette confusion relève d'une stratégie argumentative (le pourcentage contribué est plus de 2 fois plus faible que le pourcentage correct à prendre en compte soit 40 %) ou d'une interprétation erronée du texte présentant la recherche. En revanche, l'attribution de l'origine des cancers à une autre cause que l'utilisation du téléphone nous semble ici relever d'une argumentation fallacieuse visant à semer le trouble.

Nathan (groupe B): Qui peut vous dire que 18 % de ces personnes utilisaient le téléphone cellulaire, mais qui peut vous dire il n'y avait pas... que ces 18 % de personnes n'utilisaient pas aussi un même objet qui peut...

Arnaud (groupe A): Oh!!! Alors ils font tous un truc en particulier, ils ont tous les mêmes... Il peut bien y en avoir un, une ou deux exceptions, mais que 100 % utilisent la même chose, c'est impossible...

Sébastien (groupe A): Excuse-moi je te coupe: tu dis que sur ces 18 % ils peuvent utiliser autre chose.

Nathan (groupe B) : Oui. Et de toute façon. Sébastien (groupe A) : Qui émette des ondes?

Nathan (groupe B): Là, ils disent: «... »

Sébastien (groupe A): Et pourtant ils ne présentent aucun cas de neurocytome.

Nathan (groupe B): 18 % de ces personnes...

Katia (groupe A): De toute façon, c'est bien précis, puisque c'est 18 % de personnes qui utilisent le téléphone cellulaire, on ne va pas parler d'autre chose.

Conclusion

La nature même des questions socio-scientifiques implique dans l'argumentation à leur propos que différents domaines de référence soient mobilisés. C'est effectivement ce que l'on constate dans les discours des étudiants. Toutefois, on observe que les élèves dans le jeu de rôle se focalisent en toute logique sur le registre scientifique puisque la situation proposée porte sur l'évaluation de données scientifiques contradictoires. Cependant, ils ne se limitent pas à l'utilisation de concepts, ils analysent de façon critique la construction des savoirs scientifiques. Là encore, c'est cohérent avec les objectifs de la situation pédagogique.

Les étudiants identifient notamment la coexistence de données scientifiques contradictoires en biologie. Est-ce lié à une représentation d'un vivant difficilement modélisable ou bien à la grande médiatisation des controverses dans ce champ ?

Le champ éthique est convoqué sur des questions liées à la manipulation de la reproduction.

Les étudiants et les élèves font confiance aux experts et évaluent leur expertise en s'appuyant sur leur crédibilité qu'ils associent quasi strictement à leur champ d'expertise. Pour autant, ils ne vont pas mettre en doute et analyser les preuves fournies. Quelques-uns accordent une plus grande confiance aux experts faisant montre de prudence épistémologique.

Élèves et étudiants ont peu recours aux valeurs épistémiques en sciences, ce qui apparaît cohérent dans les situations étudiées peu propices à l'évaluation de modèles scientifiques. Par contre, en ce qui concerne les

valeurs sociales en sciences, presque tous les étudiants se sont référés à l'applicabilité aux besoins humains. De ce fait, ils situent effectivement ces questions socio-scientifiques dans le champ de la *Post Normal Science* (PNS) et accordent explicitement une place importante à leur dimension sociale.

Les élèves argumentant dans un jeu de rôle sur l'éventuelle dangerosité des téléphones portables mobilisent logiquement davantage de stratégies fallacieuses. Dans un travail précédent, nous avons comparé l'argumentation d'élèves dans un jeu de rôle et dans un débat classique sur une question socio-scientifique (Simonneaux 2001). Il est apparu que les arguments développés dans le jeu de rôle étaient moins fondés et mâtinés de stratégies déstabilisatrices (provocation, ironie, etc.). Les interventions des élèves étaient plus brèves ; ils cherchaient à placer le plus vite possible les arguments du personnage qu'ils jouaient (arguments avec lesquels ils n'adhéraient pas forcément). Ce constat interroge les situations mises en œuvre en classe. Les jeux de rôle favorisent la participation des élèves et peuvent les amener à utiliser des stratégies fallacieuses pour « gagner » au détriment d'une exploration fondée de la controverse. Ce qui est quand même l'objectif de l'enseignement des questions socio-scientifiques. Il nous semble en effet important d'outiller les élèves, d'une part, pour l'analyse de l'expertise et des résultats scientifiques controversés et, d'autre part, pour l'identification des stratégies fallacieuses dans les discours des chercheurs et des vulgarisateurs.

Au sujet de l'analyse de l'expertise sur les questions socio-scientifiques, il convient tout d'abord de cerner l'expertise elle-même. Les questions listées par D. N. Walton pour évaluer l'appel à l'opinion de l'expert nous apparaissent limitées car la question de cohérence par exemple suppose que l'opinion d'un expert minoritaire ne peut être prise en compte et par ailleurs que des mêmes faits peuvent servir de support à des preuves différentes. Cette critique nous paraît encore plus vraie à propos de questions socio-scientifiques controversées qui sont par nature pluridisciplinaires et supposent donc une pluralité des expertises et une approche complexe. Sans compter que les discours experts sont parfois orientés par des intérêts financiers et industriels et, comme l'affirment ceux qui définissent la Post Normal Science, il convient

d'ouvrir l'expertise à l'« extended peer community » composée de toute personne concernée par la question.

Pour favoriser l'analyse de l'expertise chez les élèves, il faudrait alors les former aux méthodes de construction des diverses expertises pour pouvoir les évaluer.

Le discours des experts est par ailleurs en soi une argumentation destinée à justifier et convaincre. Ces argumentations, parfois reprises ou accentuées par les médias, peuvent être fallacieuses. Il est essentiel d'apprendre aux élèves à les dépister à partir d'analyses inter-discursives contradictoires de chercheurs, de vulgarisateurs, et aussi de leurs pairs en se référant en particulier aux stratégies répertoriées par Bentham.

Bibliographie

- ALBE V. (2006). « Procédés discursifs et rôles sociaux d'élèves en groupes de discussion sur une controverse socio-scientifique ». Revue française de pédagogie, n° 157, p. 103-118.
- ALBE V. (2005). « Positions d'étudiants et d'étudiantes sur une question techno-scientifique controversée : la dangerosité des téléphones cellulaires ». Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies, vol. 5, n° 3, p. 361-376.
- ALBE V. & SIMONNEAUX L. (2005). Epistemological thought and role play: impact on teachers opinions on mobile phone risks. In K. Boersma, M. Goedhart, O. de Jong & H. Eijkelhof (éd.), Research and the Quality of Science Education. Dordrecht: Springer, p. 181-191.
- ALBE V. & SIMONNEAUX L. (2002). « Enseigner des questions scientifiques socialement vives dans l'enseignement agricole ». *Aster*, n° 34, p. 131-156.
- Bentham J. (1962). « The Book of Fallacies ». In J. Bowring (éd.), The Works of Jeremy Bentham [1824]. New York: Russell & Russell, vol. II.
- BENTHAM J. (1996). Fragment sur le gouvernement. Manuel de sophismes politiques [1824], trad. par J.-P. CLÉRO. Paris : LGDJ et Bruxelles : Bruylant.

- Brassart D. (1987). Le développement des capacités discursives chez l'enfant de 8 à 12 ans : le discours argumentatif, étude didactique. Thèse de doctorat, sciences de l'éducation, université Marc-Bloch-Strasbourg 2.
- Chalghoumi-Trabelsi N. & Simonneaux L. (2006). « Le débat à propos de dilemmes socio-éthiques en classe favorise-t-il l'éducation des élèves au génie génétique ? ». *Aster*, nº 42, p. 141-168.
- COLE S. (1992). *Making Science. Between Nature and Society.* Cambridge (Massachusetts): Havard University Press.
- ERDURAN S., SIMON S. & OSBORNE J. (2004). « TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse ». *Science Education*, nº 88, p. 915-933.
- Fourez G. (1997). « Qu'entendre par "îlot de rationalité" ? Et par "îlot interdisciplinaire de rationalité" ? ». *Aster*, n° 25, p. 217-225.
- Funtowicz S. O. & Ravetz J. R. (1993). « Science for the post-normal age ». *Futures*, vol. 25, nº 7, p. 739-755.
- Gayford C. (2002). « Controversial environmental issues: a case study for the professional development of science teachers ». *International Journal of Science Education*, vol. 24, n° 11, p. 1191-1200.
- GOLDER C. (1996). Le développement des discours argumentatifs. Lausanne: Delachaux et Niestlé.
- HIND A., LEACH J. & RYDER J. (2001). Teaching about the nature of scientific knowledge and investigation on AS/A level science courses. Leeds: CSSME.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE M. P., BUGALLO RODRIGUEZ A. & DUSCHL R. A. (2000). « "Doing the lesson" or "Doing science": Argument in High School Genetics ». *Science Education*, n° 84, p. 757-792.
- Kolstø S. D. (2001). « Scientific literacy for citizenship tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues ». *Science Education*, n° 85, p. 291-310.

- Kolstø S. D. (2004). « Students'argumentation: Knowledge, values and decisions ». In E.-K. Henriksen & M. Odegaard (éd.), *Naturfagenes didaktikk en disciplin i forandring? Det7. nordiske forskersymposiet om undervisning i naturfag i skolen*. Kristiansand: Hoyskoleforlaget AS, p. 63-78.
- Kolstø S. D. (2005). « The relevance of values for coping with socioscientific issues in science education ». Paper presented at ESERA conference 28 August-1 September. Barcelona, Spain.
- Kuhn T. (1977). *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.
- LATOUR B. (1987). Science in action: How to follow scientists and engineers through society. Milton Keynes: Open University Press.
- LEGARDEZ A. & SIMONNEAUX L. (2006). L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives. Issy-les-Moulineaux : ESF.
- LONGINO H. E. (1997). « Cognitive and non-cognitive values in science: Rethinking the dichotomy ». In L. H. Nelson & J. Nelson (éd.), Feminism, Science and the Philosophy of Science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McMullin E. (1982). « Values in science ». In P. D. Asquith & T. Nickles (éd.), *Proceedings of the Philosophy of Science Association 2*. East Lansing: Philosophy of Science Association, p. 3-28.
- MERTON R. (1968). « Science and democratic social structure » [1942]. In R. MERTON (éd.), *Social Theory and Social Structure*. New York: The Free Press, p. 604-615.
- NAYLOR S., DOWNING B. & KEOGH B. (2001). « An empirical study of argumentation in primary science, using concept cartoons as the stimulus ». In D. PSILLOS, P. KARIOTOGLOU, V. TSELFES, G. BISDIKIAN, G. FASSOULOPOULOS, E. HATZIKRANIOTIS, M. KALLERY (éd.), Proceedings of the third international conference of ESERA. Thessaloniki, p. 169-171.
- Orange C. (2003). « Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen ». *Aster*, n° 37, p. 83-108.

- OSBORNE J., ERDURAN S., SIMON S. & MONK M. (2001). « Enhancing the quality of argument in school science ». *School Science Review*, vol. 82, n° 301, p. 63-70.
- PLANTIN C. (2005). L'argumentation. Paris : PUF (Que sais-je?).
- Sadler T. D. & Donnelly L. A. (2006). « Socioscientific argumentation: the effects of content knowledge and morality ». *International Journal of Science Education*, no 28, p. 1463-1488.
- SADLER T. D. & ZEIDLER D. (2004a). « The morality of SocioScientific Issues: Construal and resolution of genetic Engineering Dilemmas ». *Science Education*, n° 88, p. 4-27.
- SADLER T. D., CHAMBERS F. W. & ZEIDLER D. L. (2004b). « Student conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue ». *International Journal of Science Education*, n° 26, 4, p. 387-410.
- SADLER T. D. (2004). « Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research ». *Journal of Research in Science Teaching*, n° 41, 5, p. 513-536.
- SIMONNEAUX L. & SIMONNEAUX J. (2005). « Argumentation sur des questions socio-scientifiques ». *Didaskalia*, n° 27, p. 79-108.
- SIMONNEAUX L. (2004). « Classroom debates on Biotechnology ». *Themes in Education*, n° 5, 1, p. 31-52.
- SIMONNEAUX L. (2002). « Analysis of classroom debating strategies in the field of biotechnology ». *Journal of Biological Education*, n° 37, 1, p. 9-12.
- Simonneaux L. (2001). « Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis ». *International Journal of Science Education*, vol. 23, n° 9, p. 903-928.
- STENGERS I. (2005). « L'usage de l'expertise scientifique dans la décision politique ». In Les loyautés du savoir. Positions et responsabilités des sciences et des scientifiques dans l'état de droit démocratique. Article disponible sur le site de la Communauté européenne : http://ec.europa.eu/research/conferences/2005/forum2005/docs/session2_stengers_fr.pdf (consulté le 7 novembre 2008).

- TOULMIN S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Walton D. N. (1997). Appeal to Expert Opinion. University Park: Penn State Press.
- ZEIDLER D., WALKER K., ACKETT W. & SIMMONS M. (2002). «Tangled up in views: Beliefs in the Nature of Science and responses to socioscientific Dilemmas ». *Science Education*, n° 27, p. 771-783.