

Pour une éducation aux sciences citoyenne

Une analyse sociale et épistémologique des controverses sur les changements climatiques

Virginie Albe, Toulouse EducAgro, unité de recherche en *didactiques des savoirs professionnels, scientifiques et sociaux émergents*, École nationale de formation agronomique, Toulouse ; virginie.albe@educagri.fr

De récentes réformes de l'enseignement des sciences visent le développement et l'exercice de la citoyenneté, la prise de conscience d'exigences éthiques et la réflexion critique sur des problèmes de société. Des questions relatives à l'environnement et au développement durable sont intégrées dans les programmes de l'enseignement agricole depuis plusieurs années et constituent des défis didactiques. Afin d'explorer leurs modalités de traitement en classe, nous avons étudié les différentes approches dans les recherches en éducation aux sciences qui se sont centrées sur le développement d'une éducation citoyenne. L'enseignement de questions scientifiques socialement vives s'inscrit dans ce mouvement. L'approche que nous privilégions porte sur le fonctionnement social et épistémologique des savoirs. Nous présentons, à propos des controverses sur les changements climatiques, comment une telle approche, qui s'appuie sur l'histoire sociale et culturelle et la sociologie des sciences, confronte à l'univers de la recherche scientifique et technique, invite à identifier le contexte sociopolitique des différentes positions débattues et à explorer les arguments produits. La prise en compte de l'émergence de la problématique du climat permet en particulier de cerner les arguments des différents acteurs de la controverse et d'identifier les enjeux sociaux actuels, où se croisent la question d'un réchauffement climatique mondial, des préoccupations environnementales, la notion de développement durable et des choix de politiques énergétiques. Nous en discutons les implications didactiques.

I. Introduction

Dans l'enseignement agricole français¹, les missions éducatives suivent en ligne directe les choix politiques concernant l'agriculture. Depuis 1999, ces choix sont définis par la *Loi d'orientation agricole* qui a établi cinq axes prioritaires de politique agricole autour du développement durable, de la préservation de l'environnement, de la multifonctionnalité des exploitations, de la qualité et la sécurité des aliments, et de la réponse à la demande des consommateurs.

Dans les dernières décennies, diverses crises ont agité le monde agricole et remis en cause les politiques éducatives du ministère de l'Agriculture (« vache folle », dioxine dans les volailles, OGM, animaux clonés, pollutions des eaux, des sols...). Les profondes mutations sociales, économiques et professionnelles du monde agricole et rural ont conduit à définir de nouveaux enjeux de production agricole et d'orientations de politique éducative.

La *Loi d'orientation agricole* de 1999 établit une nouvelle relation entre l'agriculture et la société. Il ne s'agit plus d'imposer un modèle unique de production comme lors de la période précédente, appelée *Révolution verte*, où il était prescrit de mettre au cœur des pratiques agricoles la démarche et les méthodes technoscientifiques des laboratoires de recherche (INRA ou CEMAGREF par exemple) pour sélectionner de nouvelles variétés, augmenter la production et faire des économies d'échelle. Désormais, des références multiples coexistent et de nouvelles pratiques émergent suivant la volonté des décideurs politiques (par exemple via les contrats territoriaux d'exploitation). D'un objectif d'accompagnement du développement de l'agriculture, l'enseignement agricole voit ses missions redéfinies autour de problématiques émergentes dans une perspective de développement durable. 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 planète². Comme l'a souligné un récent rapport sur l'enseignement technique agricole³, « *désormais, le périmètre des savoirs se déplace du "pôle agricole" vers un triptyque plus élargi "agriculture, alimentation, environnement"* ».

En ligne avec les nouvelles orientations de politique agricole, il ne s'agit plus de transposer des savoirs issus des organismes de recherche, mais de créer des objets d'enseignement correspondant aux nouveaux enjeux qui interpellent la société, comme l'utilisation non-alimentaire de produits agricoles (biomatériaux ou agrocarburants par

1 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. Il s'adresse aux jeunes et aux adultes avec trois voies de formation possibles (formation initiale, continue, apprentissage).

2 « *L'enseignement agricole : une chance pour l'avenir des jeunes et des territoires* », Rapport d'information au Sénat, p. 20.

3 Mission d'audit de modernisation de l'État, *Rapport sur l'enseignement technique agricole*, juin 2006.

exemple), 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 que les programmes visent désormais la prise en compte de préoccupations concernant le développement durable, l'environnement et l'alimentation en cohérence avec les récentes orientations éducatives liées aux nouveaux enjeux de l'agriculture.

Plusieurs approches sont promues dans les programmes. La pluridisciplinarité par exemple, soit par la mise en œuvre de projets à l'initiative des équipes pédagogiques dans les établissements, soit par l'enseignement de modules pluridisciplinaires inscrits dans les programmes. Des experts (chercheurs ou membres de comités d'éthique régionaux, par exemple) sont par ailleurs invités à intervenir dans les lycées pour animer des débats avec les élèves⁴. Des controverses socioscientifiques socialement vives ont également été intégrées aux enseignements scientifiques (biotechnologies, climat, énergie, eau). 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. Les programmes recommandent par exemple des études de cas sur l'eau et le climat afin de « *faire prendre une conscience aiguë des conséquences peut-être dramatiques et irréversibles des actions humaines sur l'environnement. Le rôle du professeur est d'apporter des informations aussi fiables que possible afin de nourrir une réflexion objective à finalités citoyennes* »⁵.

La scolarisation de telles controverses socioscientifiques pose ainsi de nouveaux défis didactiques pour la classe et la recherche en éducation aux sciences. En particulier, comment articuler ces nouveaux objets avec des éléments anciens des programmes qui n'ont pas été modifiés par les récentes réformes ? Comment faire cohabiter un traitement de questions incertaines et controversées de la « science en train de se faire » avec un enseignement scientifique traditionnellement centré sur des savoirs établis ? Quels types de savoirs et pratiques mobiliser pour une éducation citoyenne dans l'enseignement des sciences ?

Des recherches en éducation aux sciences se sont centrées depuis plusieurs années sur le développement d'une éducation citoyenne.

2. Différentes approches de l'éducation aux sciences et à la citoyenneté

Des mouvements de recherche en éducation aux sciences se sont développés depuis les années soixante-dix en réaction à une vision des sciences et de

4 « L'enseignement agricole : une chance pour l'avenir des jeunes et des territoires », rapport d'information au Sénat précité, p. 79.

5 Référentiel du baccalauréat technologique série Sciences et technologies de l'agronomie et de l'environnement (STAE).

l'enseignement scientifique essentiellement positiviste afin de permettre une compréhension plus avertie de la nature et des pratiques des sciences. Des recherches se sont ainsi centrées, plus particulièrement dans le monde anglo-saxon et nord-américain, sur la compréhension des sciences par le public et des relations sciences-technologies-sociétés.

Au cours des années quatre-vingt, des préoccupations sociales, économiques et environnementales partagées par plusieurs pays et par des institutions internationales (en particulier, l'OCDE et l'UNESCO) ont conduit à proposer que la formation en sciences des futurs citoyens devienne une priorité. Le développement de la culture scientifique et technique pour tous, et non seulement pour les élèves qui se destinent à des métiers scientifiques et techniques, est devenu un axe majeur des enseignements dans de nombreux pays. Cette perspective de développement de la culture scientifique soulève de nombreux débats chez les chercheurs. Certains y voient une possibilité de réconcilier élèves et citoyens avec les sciences et les technologies, et d'autres considèrent que le développement de la culture scientifique constitue un nouveau slogan qui vise à rendre un enseignement de contenus scientifiques factuels plus attrayant sans s'engager dans une refondation des programmes devenue pourtant nécessaire du fait d'évolutions sociales majeures. L'articulation de l'enseignement des sciences et de l'éducation à la citoyenneté peut alors prendre de multiples formes. Plusieurs orientations peuvent être identifiées selon les visées éducatives, la nature des savoirs mobilisés, l'importance de l'engagement dans et avec la société.

2.1. Différentes visées éducatives

Selon une visée utilitaire ou pragmatique, on considère que, puisque les sociétés sont de plus en plus influencées par les idées et les produits des sciences, et surtout des technologies, tous les futurs citoyens seront mieux en mesure d'affronter leurs problèmes s'ils ont une base de connaissances scientifiques. Il s'agit par exemple de développer une confiance rationnelle dans les experts lorsque l'on se trouve confronté à des questions incertaines et controversées (Shamos, 1995).

Selon une thèse démocratique, on considère qu'une formation scientifique de qualité à l'école permet aux citoyens de participer significativement aux décisions que les sociétés doivent maintenant prendre à l'égard de problèmes socioscientifiques et sociotechniques toujours plus complexes (Kolstø, 2001 ; Bader, 2003 ; Sadler, 2004). Il s'agit d'utiliser les connaissances scientifiques dans un but de démocratisation, 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 la dimension culturelle de l'alphabétisation 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). Le développement de la culture

scientifique et technique vise la compétence qui consiste à savoir distinguer et croiser le scientifique, le technique, le social, l'éthique, le politique et le culturel (Fourez, 2002). Ainsi, l'éducation scientifique, dans ce cadre, doit être considérée en fonction d'un projet de société et non pas en fonction de contenus des disciplines scientifiques.

2.2. Différentes visions de la culture scientifique ou scientific literacy

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). Les savoirs scolaires sont établis en référence à la science savante, et considérés sans implication dans la société (Arons, 1983 ; Snow, 1962). Le développement de la culture scientifique se définit, dans ce cadre, dans un sens absolu et comme opérant dans un vide social (Laugksch, 2000). Cette conception de la culture scientifique correspond pour Laugksch (2000) à une « *catégorie de l'apprentissage* »⁶. Dans une autre vision, les savoirs scolaires sont définis en référence à l'implication dans la société (Branscomb, 1981 ; Miller, 1983). Il s'agit de choisir des situations pour lesquelles la science peut légitimement être vue comme de nature à jouer un rôle dans d'autres affaires humaines ou des situations avec une dimension scientifique, que les étudiants peuvent rencontrer en tant que citoyens (Roberts, 2007). Dans cette approche, nommée « *catégorie du fonctionnement en société* »⁷ par Laugksch (2000), la culture scientifique est un concept relatif et socialement défini qui diffère selon les époques, les régions, les communautés ou les conditions sociales. Différentes interprétations de l'engagement social des élèves, dans cette approche de la culture scientifique, peuvent être identifiées dans la littérature. Pour certains, il s'agit de permettre aux individus de communiquer sur des thèmes scientifiques, de fonctionner minimalement en société, comme consommateurs des sciences et des produits des sciences et comme citoyens. Par exemple, les personnes scientifiquement cultivées peuvent apporter un plus grand soutien aux sciences elles-mêmes, en particulier via le financement public (Shortland, 1988) ou leur participation au secteur économique de la production technoscientifique industrielle (Walberg, 1983). Pour d'autres, les personnes cultivées scientifiquement peuvent s'engager dans des activités politiques, des processus de décisions collectives ou de changement social (Prewitt, 1983). Dans cette perspective, le développement de la culture scientifique est considéré comme un fondement de la pratique de la démocratie dans nos sociétés et comme un élément pour favoriser la responsabilité civique.

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, selon nous, de viser un usage critique et raisonné de l'expertise et une participation

6 Traduction libre de *learned category*.

7 Traduction libre de *function in science category*.

démocratique aux débats publics, procédures d'expertise et prises de décisions en matière technoscientifique.

3. Les questions scientifiques socialement vives

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 est souvent politiquement sensible.

La formation du citoyen est la finalité généralement exprimée dans toutes les recherches menées dans le courant pédagogique des questions scientifiques socialement vives. Sadler (2004) indique, par exemple, que le mouvement des *socio-scientific issues* se concentre sur l'objectif d'habiliter les élèves pour qu'ils puissent s'approprier les questions scientifiques qui modèlent leur monde actuel et celles qui détermineront leur monde futur. La finalité est le développement d'une citoyenneté responsable (*ibid.*). À des fins heuristiques, deux options contrastées 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 aux 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.

Ainsi, pour certains, la mise en oeuvre de questions socioscientifiques en classe contribue à une éducation à l'action sociale et à l'engagement. Les auteurs mettent alors l'accent sur la construction de situations scolaires en relation avec des situations sociales. Il peut s'agir de faire examiner aux élèves des problèmes authentiques, en résonance avec leur vie quotidienne et leur environnement social, et les engager dans l'élaboration d'une expertise, une prise de décision argumentée ou la participation à un débat entre experts. Dans certains cas, les productions des élèves deviennent un des éléments des délibérations publiques sur une question débattue localement et peuvent influencer les décisions prises en société. La formation dépasse, dans ce cas, le cadre scolaire avec une participation sociale. Cette participation peut prendre la forme de la communication aux instances politiques locales de la décision prise en contexte scolaire pour la construction d'une route à proximité de l'école (Patronis *et al.*, 1999), ou de la production d'une expertise et de la participation à un débat entre experts pour le drainage d'un marais (Jiménez-Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002). Il peut également s'agir de mettre en oeuvre en classe des dispositifs d'apprentissage qui simulent des pratiques sociales, comme des débats publics ou des conférences de consensus. Ainsi ont été proposés des débats pour l'action et des débats pour le doute, la réflexion (Que faire face à... ? ; Quelle décision prendre pour... ?)

avec l'intention de favoriser le développement de la pensée critique et la formation à l'action sociopolitique. Dans ce cadre, des situations hypothétiques mais plausibles sont proposées aux élèves : simulation d'un débat public sur l'exploitation d'une mine près d'une ville avec un jeu de rôle (Pedretti, 1999), de l'avis à donner à la nouvelle directrice d'un centre de recherche sur l'hypothermie (Larochelle & Désautels, 2001), ou d'une recommandation à un sénateur à propos de la législation en matière de gestion de l'environnement (Hogan, 2002). La participation ou la (re)configuration sociale nécessite, pour certains, de former les élèves à comprendre la nature des sciences et à évaluer les discours des experts sur des controverses socioscientifiques (Bader, 2003). Il peut aussi s'agir de prendre des décisions réfléchies ou argumentées à propos de controverses socioscientifiques.

D'autres recherches mettent l'accent sur l'apprentissage de l'argumentation en classe, débattre étant considéré, dans ce cas, comme une compétence citoyenne. Selon cette perspective, il s'agit de faire pratiquer aux élèves des débats par analogie avec le débat démocratique. Les dispositifs d'apprentissage sont centrés sur la pratique du débat en contexte scolaire, en lien explicite avec des pratiques sociales. Enfin, un objectif d'appropriation de connaissances scientifiques est également présent dans le champ des questions socioscientifiques.

Dans toutes les recherches visant la formation des élèves à l'action sociale sur des questions socioscientifiques, les élèves se sont montrés capables d'élaborer des solutions, de prendre des décisions et d'envisager des alternatives. L'expérience personnelle, des valeurs personnelles ou socialement partagées, des principes moraux de justice et de responsabilité, des préoccupations de nature sociale ou écologique jouent un grand rôle dans les prises de décision des élèves. Ils identifient des forces sociales et politiques dans les controverses (Pedretti, 1999), discutent également dans les domaines épistémologique et éthique, qu'ils considèrent comme des univers séparés (Larochelle & Désautels, 2001), et tiennent compte de l'incertitude (Hogan, 2002).

La mobilisation, par les élèves, de connaissances scientifiques est diverse selon les situations. Rare ou discrète dans les recherches de Patronis *et al.* (1999) et de Hogan (2002), la compréhension des données et concepts scientifiques est au contraire un élément important dans la résolution du problème environnemental proposé par Jiménez-Aleixandre et Pereiro-Muñoz (2002). 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 (Larochelle & Désautels, 2001), ce que ces auteurs considèrent être en lien avec une rhétorique scolaire courante sur les sciences, à caractère empirico-réaliste.

Les résultats des 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.

Se pose alors la question, au-delà des innovations mises en œuvre en classe, de la gestion didactique par les enseignants de questions scientifiques socialement vives. La diversité des sources de références possibles pour la mise en forme scolaire de controverses socioscientifiques est attestée par les recherches déjà menées. Mais, d'une part, un risque existe de marginalisation de tels enseignements dans la mesure où la logique disciplinaire est dominante (Legardez, 2006). Comme pour les éducations à..., l'existence dans le système d'enseignement de questions scientifiques socialement vives pourrait être fragile ou écologiquement menacée si leur traitement en classe demeurerait limité à quelques moments privilégiés dans un enseignement. D'autre part, s'ouvre un espace de contestation permanente de la légitimité d'enseignement de questions vives (*ibid.*). 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 établis dans des communautés savantes, expertes ou professionnelles. Au contraire, les savoirs et pratiques sont objets de controverses et sont en émergence dans différents groupes, certains de ces groupes n'étant pas reconnus comme producteurs de savoirs dans un curriculum scientifique traditionnel, élaboré en référence à la seule communauté scientifique (par exemple, des activistes opposés aux OGM, des riverains de centrales nucléaires ou d'antennes-relais de la téléphonie mobile, des promoteurs du clonage humain...). Ces groupes se structurent 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. 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) ?

Selon nous, l'intégration dans les programmes de l'enseignement secondaire de controverses socioscientifiques suppose d'avoir conscience de la diversité des sources de références possibles. Il s'agit d'identifier les références à propos de telles controverses, considérées comme savoirs experts en construction dans des institutions diverses (chercheurs de différentes disciplines et laboratoires, associations citoyennes, experts mandatés pour aider à la décision politique). Afin d'identifier ces connaissances diverses, nous procédons à une cartographie des controverses, en mobilisant les méthodes des études sociales sur les sciences, en cohérence avec un positionnement épistémologique selon lequel nous envisageons les sciences comme des pratiques sociales contextuelles.

4. Pour une analyse sociale et épistémologique de controverses socioscientifiques

Nos travaux visent à étudier la scolarisation de controverses socioscientifiques. L'entrée que nous privilégions est celle du fonctionnement social et épistémologique des savoirs. Il s'agit de questionner les savoirs en jeu, leurs conditions d'élaboration et, également, les conditions sociopolitiques d'émergence de telles problématiques.

Étant donné que ces controverses nous confrontent à des savoirs en émergence, en construction dans des groupes sociaux très divers, et considérant, sur le plan épistémologique, que les savoirs sont développés dans des organisations sociales en fonction de projets particuliers, une analyse des controverses ne pourrait se limiter à la seule cartographie des savoirs scientifiques actuellement en débat, sans identifier les pratiques de recherche et les communautés savantes qui les développent. D'autres discours sont également portés sur ces controverses, par des experts, des citoyens regroupés en associations par exemple ou des journalistes. Ainsi, analyser des controverses socioscientifiques consiste, pour nous, à identifier les arguments produits, les acteurs impliqués, les intérêts en jeu. Chaque groupe producteur de connaissances est porteur d'intérêts, de valeurs, de visions du monde particulières et l'interprétation des données est réalisée, comme le souligne Latour (2007), en fonction de visions politiques ou même parfois anthropologiques qui informent sur la controverse. Ainsi, suivre la dynamique des controverses ne conduit pas à arbitrer, au nom des connaissances scientifiques, les discours qui peuvent être retenus ou écartés, ce qui reviendrait à décider au nom de la science en dissimulant ses choix sous l'apparence d'exhaustivité et d'objectivité. Il s'agit au contraire d'utiliser les méthodes de la sociologie des sciences et des techniques pour pouvoir identifier dans les discours produits les différentes positions et éléments de controverse.

Il s'agit de se mettre dans la position de représenter « *la gamme la plus large possible des positions actuellement soutenues* » (Latour, 2007). Cela consiste à considérer toutes les formes de littératures qui mettent en jeux ces controverses (publications scientifiques, presse généraliste et spécialisée, sites Internet, rapports d'experts ou de commissions d'enquête, articles de vulgarisation, conférences de presse ou à destination du grand public, débats publics, pétitions...). Partir de questions et discours très spécialisés peut permettre d'identifier peu à peu leurs interactions avec les groupes concernés ou le grand public éventuellement. À l'opposé, l'analyse peut être effectuée à partir d'articles de la presse quotidienne pour identifier des positions opposées et ensuite explorer la littérature spécialisée qui sous-tend les discours. Un travail sur l'histoire d'une question socioscientifique, pour retracer son émergence, peut aussi servir de point de départ pour analyser les controverses à son propos. L'important est d'identifier les arguments des acteurs et ce qui les fondent. Il s'agit par exemple de cerner les modes de

production des connaissances sur ces controverses : les données en jeu, les hypothèses discutées, les théories mobilisées. Les domaines de recherche et champs d'expertise sont également identifiés, ainsi que les institutions dans lesquelles les acteurs travaillent et, lorsque c'est possible, les financeurs des recherches menées ou expertises produites. Comme les producteurs de connaissances échangent entre eux, il s'agit également d'analyser ces situations d'interlocution qui peuvent être plus ou moins polémiques. Ces interactions permettent d'identifier les alliés, porte-parole, employeurs ou opposants des différents protagonistes d'une controverse et les objets sur lesquels portent les controverses. Les mises en forme des controverses par les protagonistes eux-mêmes sont également repérées (expérimentations par des institutions savantes, campagnes de presse, émissions télévisées, commissions d'enquêtes, débats publics organisés par l'État, comme dans le cas de conférences de citoyens ou de référendum), mobilisation de citoyens (pétitions, manifestations).

Dans une perspective didactique, une telle analyse, nourrie par une réflexion sur la nature des savoirs en jeu et inspirée de l'analyse sociale des sciences, permet d'identifier les savoirs et pratiques des scientifiques, experts et profanes sur ces controverses (Albe, 2007a ; Bouras, 2007). Cela peut constituer un préalable à la mise au point de situations d'enseignement sur une question scientifique socialement vive ou également servir d'état de la question sur une question vive lors de recherches visant à identifier les « *savoirs naturels* » des acteurs de la situation didactique (élèves et enseignants) sur ces controverses (Albe, 2007b).

5. Les controverses sur les changements climatiques

Les controverses sur lesquelles nous nous pencherons ici portent sur les phénomènes en jeu, les causes et conséquences des changements climatiques, leur modélisation, les mesures expérimentales. Les interprétations des évolutions actuelles du climat étant diverses, réchauffement climatique avéré pour certains, augmentation des températures annonçant l'entrée dans une période de refroidissement climatique ou fluctuations météorologiques sans modification climatique pour d'autres, nous utilisons le terme « changements climatiques » au pluriel pour souligner cette diversité et explorer les controverses à propos du climat sans opter pour une thèse particulière. L'impact socioéconomique d'un éventuel réchauffement climatique est également objet d'études et de débats, et le climat est aussi une question politique. Dans un premier temps, nous nous sommes attachée à cerner le contexte scientifique, social et politique dans lequel la question du climat est devenue un enjeu majeur à l'échelle internationale et pour le devenir de la planète et des générations futures, en résonance avec des préoccupations environnementales et le développement du concept de développement durable. L'analyse des controverses entre scientifiques permet ensuite d'identifier les savoirs actuellement en construction, les modalités de l'établissement d'un

consensus entre scientifiques et montre également que des enjeux politiques majeurs sont explicitement reliés à la question du réchauffement climatique.

5.1. L'émergence de la question du climat

La question des changements climatiques est objet de préoccupations depuis les années 1980. Lors de la première *Conférence mondiale sur le climat* organisée à Genève en 1979 par l'*Organisation météorologique mondiale (OMM)*, les gouvernements sont alertés pour « prévoir et prévenir celles des conséquences possibles de l'action de l'homme sur le climat qui pourraient nuire au bien-être de l'humanité » (Chaffaut, 2006, p. 21).

En 1987, le rapport de la *Commission Brundtland* pour la *Commission mondiale pour l'environnement et le développement (CMED, 1987)* préconise que le *Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE)* et l'OMM étudient les changements climatiques. En 1988 est créé à Genève, sous les auspices du PNUE et de l'OMM, le *Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC)*⁸. Cet organisme regroupe environ 2 500 scientifiques nommés par les gouvernements. Il est chargé d'évaluer les informations d'ordre scientifique, technique et socioéconomique nécessaires pour mieux comprendre les fondements scientifiques des changements climatiques, cerner les conséquences possibles de tels changements et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation. Ses évaluations sont principalement fondées sur l'analyse des publications scientifiques. Le premier rapport, publié en 1990, pointe des indices d'un changement de climat. Il recueille un large écho et conduit à la rédaction d'une *Convention internationale sur les changements climatiques*⁹, adoptée par les Nations unies en mai 1992, et ouverte à la signature lors du *Sommet de la Terre* à Rio en juin 1992. Cette convention constitue le fondement de la lutte mondiale contre le changement climatique. Les gouvernements s'y engagent à lancer des stratégies nationales pour faire face aux émissions de gaz à effet de serre et à coopérer pour se préparer à l'adaptation aux impacts des changements climatiques. En 1997, les gouvernements se mettent d'accord pour faire un ajout à cette convention, c'est le *Protocole de Kyôto*. Il partage les mêmes objectifs que la convention, mais la renforce de manière significative en engageant les pays signataires à des objectifs individuels, légalement contraignants, de réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre¹⁰. Plusieurs pays signent le protocole, mais la complexité des négociations laisse un nombre considérable de points à débattre pour le ratifier et certains pays s'y opposent. D'autres négociations ont lieu par la suite¹¹. Lors du *Sommet mondial sur le développement durable* de Johannesburg en 2002, les états signataires du protocole de Kyôto sont invités

8 IPCC en anglais (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

9 *Convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique (CCNUCC)*.

10 Ces objectifs consistent en une réduction d'émissions de gaz à effet de serre d'au moins 5 % par rapport aux niveaux de 1990, durant la période d'engagement 2008-2012.

11 À Buenos Aires en 1998 ; Bonn en 1999 ; La Haye en 2000 ; Marrakech en 2001.

à accélérer le processus de ratification. Le protocole est entré en vigueur le 16 février 2005, après sa ratification par la Russie en 2004. L'Australie et les États-Unis ne l'ont, à ce jour, toujours pas ratifié.

Si les conclusions des experts du GIEC dans les premiers rapports faisaient état de prudence, ceux parus en 2001 et 2007 montrent qu'un consensus s'établit pour affirmer qu'un réchauffement climatique est déjà en cours, et qu'il va conduire à une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre provoquant des déséquilibres écologiques majeurs. Mais d'autres scientifiques remettent en cause les conclusions du GIEC. Certains affirment que les données servant de base au protocole de Kyôto ne sont pas fondées. D'autres dénoncent l'utilisation abusive des rapports du GIEC pour des raisons politiques et idéologiques, et soulignent l'absence de consensus scientifique quant à l'importance d'un réchauffement climatique planétaire.

5.2. Des enjeux politiques majeurs

Pour certains scientifiques, une définition d'une température moyenne ne va pas de soi, et les résultats obtenus dépendent fortement des choix de la période de temps à laquelle on se réfère pour établir cette moyenne. Ainsi, sont soulignés « *la distance entre le discours prudent des spécialistes à propos de leurs simulations et les affirmations martelées par l'IPCC sur la menace climatique* » (Lenoir, 1992), et le fait que les discours portés par le GIEC sont orientés par des organisations écologiques militantes.

D'autres scientifiques, dont un grand nombre d'américains, ont indiqué l'absence de « *preuves irréfutables d'une hausse de température causée par les activités humaines* » (Hamman, 2000), remis en cause la validité des données fournies par le GIEC et en conséquence, demandé à leur gouvernement de ne pas signer le protocole de Kyôto. Leurs pétitions¹² dénoncent les réglementations sur l'utilisation de combustibles fossiles et redoutent la taxation de la consommation de ces mêmes sources d'énergie, ce qui aurait des conséquences majeures sur les plans politique et économique à l'échelle internationale.

5.3. Le rôle controversé de l'effet de serre anthropogénique

Si les scientifiques s'accordent sur les données concernant une élévation de la température moyenne de la surface de la Terre de 0,6 °C entre 1860 et 2000 et une augmentation de 30 % des concentrations en dioxyde de carbone de l'atmosphère en 200 ans, l'interprétation de ces données est objet de controverses. Une corrélation directe des émissions de dioxyde de carbone à une

12 En 1992, cent climatologues américains signent le *Statement by Atmospheric Scientists on Greenhouse Warming à l'approche du Sommet de la Terre* à Rio, organisé selon eux par des groupes d'activistes de l'environnement et certains dirigeants politiques. Par ailleurs, à l'initiative de l'*Oregon Institute of Science and Medicine (OISM)*, la *Oregon Petition* a recueilli 19 700 signatures de chercheurs américains entre 1999 et 2001. Disponible sur Internet : <http://www.oism.org/ppproject/> (consulté le 21 février 2008).

élévation des températures relève ainsi, pour certains, d'un fait scientifique incontestable, alors que d'autres évoquent une vulgate catastrophiste cherchant des symboles évocateurs pour convertir les masses à son obsession carbonique. Explorons les arguments échangés par les protagonistes à propos de la question controversée d'un réchauffement global dû à l'augmentation de l'effet de serre lié aux activités humaines.

Pour les uns, dont les experts du GIEC, la diminution du volume des glaces aux pôles constitue un fait incontestable attestant qu'un réchauffement global est bel et bien déjà amorcé. Pour d'autres (Vinnikov *et al.*, 2006), les observations différentes en Arctique et en Antarctique tendraient à indiquer des effets géographiques d'une modification climatique différente dans l'hémisphère Nord et dans l'hémisphère Sud, minant le postulat d'un réchauffement planétaire global. Les protocoles de mesures posent également des questions, certains pointant que les missions satellitaires sont trop récentes pour permettre d'établir des tendances climatiques. Enfin, les prévisions fournies par les modèles climatiques seraient à considérer avec une grande prudence. Indiquant que les précipitations neigeuses sont stables ou ont légèrement baissé en Antarctique depuis 30 ans, alors que les températures ont augmenté, Monaghan *et al.* (2006) soulignent qu'il serait nécessaire de revoir les modèles qui prévoient le contraire.

Pour plusieurs glaciologues, la dynamique glaciaire suivrait avant tout depuis 1 000 ans la dynamique du Soleil et non celle du dioxyde de carbone (Georges, 2004). Ainsi, la fonte des glaces du Kilimandjaro, objet de polémiques à l'automne 2006 autour des déclarations de Claude Allègre dans *l'Express*, ne serait pas due aux émissions humaines de gaz à effet de serre. Des recherches indiquent également que la période 1989-2003 a le plus faible rythme de fonte depuis un siècle, malgré le réchauffement de l'atmosphère. Les deux facteurs les plus importants pour la dynamique des glaces tropicales en Afrique de l'Est sont, pour ces auteurs, l'insolation des versants (liée à la nébulosité) et surtout l'humidité (Mölg *et al.*, 2006).

Le climat est, par ailleurs, considéré, par les différents acteurs de la controverse, comme un système complexe faisant intervenir un grand nombre d'éléments (atmosphère, eaux douces et océans, calottes polaires et glaciers continentaux, biosphère) qui échangent entre eux énergie et matière dans des processus dont les interactions physiques, chimiques et biologiques sont actuellement peu connues. Ainsi, tandis que certains relèvent que la notion de climat global n'a pas de sens et qu'isoler une donnée du climat n'est pas pertinent pour comprendre l'élévation de température mesurée, pour d'autres, l'équilibre dynamique du système climatique mondial est dicté par l'éclairement solaire et la teneur en gaz à effet de serre. Tous s'accordent pour considérer que le climat présente des variations cycliques. L'évolution des climats du passé est décrite par des alternances de cycles glaciaires-interglaciaires déterminés par les positions relatives de la Terre et du Soleil¹³.

13 Distance moyenne entre la Terre et le Soleil et inclinaison de l'axe terrestre par rapport à l'écliptique.

Chaque transition glaciaire-interglaciaire est décrite par la théorie astronomique de Milankovitch établie dans les années vingt, mais leur vitesse et amplitude peuvent être modulées par des interactions complexes entre l'océan, l'atmosphère et les calottes de glace.

Pour les experts du GIEC, l'influence des émissions de dioxyde de carbone sur le climat est telle qu'ils préconisent de réduire l'utilisation de combustibles fossiles. Ces recommandations ont, par exemple, contribué à l'établissement du protocole de Kyôto. Pour d'autres, le rôle du dioxyde de carbone serait surestimé par les experts du GIEC et d'autres éléments importants pourraient intervenir sur les changements climatiques comme les nuages, les aérosols, les océans, le rayonnement solaire.

5.4. Le système climatique et ses variations

Les interactions entre océans et atmosphère sont peu connues : par exemple, lorsque le flux d'eau douce en Atlantique Nord dépasse un seuil critique, le courant océanique peut passer d'un état chaud à un état froid (Bard, 2003). Le rôle de la vapeur d'eau est également discuté. Elle constitue un gaz à effet de serre dont l'impact peut s'accroître du fait d'un réchauffement climatique : l'air chaud contenant plus d'humidité, une augmentation de température entraînerait aussi l'augmentation des concentrations totales de vapeur d'eau, qui viendrait encore accroître l'effet de serre. Mais la vapeur d'eau intervient dans la formation des nuages et ces derniers réfléchissant une partie du rayonnement solaire incident, ils provoquent un effet compensateur à l'augmentation de l'effet de serre. Les aérosols interviennent aussi dans le climat car ils diffusent et absorbent le rayonnement solaire mais leur effet sur les propriétés microphysiques et, par conséquent, les propriétés radiatives et l'abondance des nuages, est difficile à appréhender. De même, il est délicat d'estimer l'importance sur l'effet de serre des émissions soufrées, d'origine volcanique ou liées aux rejets des combustibles fossiles sous forme de dioxyde de soufre qui, en se transformant en acide sulfurique dans l'atmosphère, forment avec l'eau des gouttelettes susceptibles de réfléchir les rayons du soleil.

Par ailleurs, les changements de végétation à la surface des continents sont également objets de recherche. Le déboisement des forêts enneigées aux latitudes élevées provoquerait un effet radiatif négatif sur un réchauffement et la possibilité de stockage du dioxyde de carbone par les plantes soulève des controverses. Des études ont montré que des concentrations importantes de dioxyde de carbone au-dessus des villes favorisaient la croissance de la végétation. D'autres font valoir que l'augmentation de la respiration végétale n'est qu'une adaptation transitoire au réchauffement et qu'à terme, les plantes pourraient stocker plus de dioxyde de carbone.

5.5. La modélisation du climat

Si les influences de la vapeur d'eau, des aérosols et de la couverture nuageuse sont peu connues et difficiles à intégrer dans les modèles, la résolution spatiale pose aussi des problèmes, et les prévisions à l'échelle régionale sont très incertaines, comme nous l'avons évoqué plus haut à propos de l'Antarctique.

Une façon d'estimer la validité des modèles climatiques consiste à les confronter aux climats du passé, connus à partir des observations météorologiques standardisées depuis le XVIII^e siècle, ou reconstruits à partir de mesures expérimentales indirectes de la température terrestre, comme, par exemple, les anneaux de croissance des arbres dans l'étude de Mann *et al.* (1998). Celle-ci a fait l'objet de vives controverses sous la dénomination d'*Affaire de la crosse de hockey*. Publiée dans le rapport du GIEC de 2001 et dans le résumé pour les décideurs, cette courbe était alors présentée comme une indication fiable d'un réchauffement du climat à l'ère industrielle. Elle a depuis été largement remise en question. Une critique porte sur le choix des indices indirects car les anneaux de croissance des arbres sont sensibles à d'autres facteurs que la température comme, par exemple, les précipitations, et dépendent des régions, des essences et des périodes (Von Storch *et al.*, 2004). De plus, la courbe change d'allure lorsqu'on ajoute un paramètre, ce qui soulève une incertitude sur la représentativité climatique des anneaux de croissance des arbres. Mann refusant de rendre publiques ses bases de données et d'informer sur ses méthodes de validation statistique, une requête du Parlement américain l'y a obligé. Il a aussi publié un correctif de ses travaux dans *Nature* en 2004. D'autres recherches utilisant d'autres indices des températures du passé pour reconstruire le climat du dernier millénaire n'ont pas mis en évidence une augmentation significative de la température des dernières décennies, mais indiquent au contraire des variations naturelles fortes des températures avant l'ère industrielle.

Par ailleurs, des scientifiques regroupés dans le projet SEPP (*Science and Environmental Policy Project*) développent des recherches sur les changements climatiques qui vont à l'encontre de la thèse de la contribution humaine à un réchauffement climatique.

Ces scientifiques soulignent l'absence de consensus scientifique sur le réchauffement climatique et ont élaboré un contre-rapport scientifique au quatrième rapport de synthèse du GIEC de 2007. Ils y soulignent que les prévisions d'effets climatiques néfastes dus à une augmentation de l'usage d'hydrocarbures et d'émissions de gaz à effets de serre, tels le dioxyde de carbone, ne correspondent pas aux savoirs actuels expérimentalement établis (Robinson, Robinson & Soon, 2007). Ils ont, par exemple, analysé des mesures de températures atmosphériques et conclu qu'elles ne s'accordent avec aucun des modèles de climat actuels. Selon eux, l'accord entre les mesures de températures du XX^e siècle et les modélisations du climat sont le résultat de lissages de courbes par plusieurs paramètres choisis arbitrairement.

Ces scientifiques, signataires de la *Déclaration de Leipzig*¹⁴, pointent que les conclusions du GIEC ne justifient pas les mesures politiques adoptées dans le protocole de Kyôto. Ils signalent également le fait que si seuls certains pays devaient se plier aux réglementations, cela pourrait entraîner des délocalisations d'industries selon les contraintes environnementales en vigueur dans les différents pays, et provoquer une augmentation du chômage dans les pays aux politiques environnementales les plus contraignantes. Dénonçant des pratiques frauduleuses dans les procédures d'évaluation par les pairs et émettant des doutes sur la crédibilité scientifique du GIEC, ces scientifiques soulignent la fabrication forcée d'un pseudo-consensus scientifique dans un souci d'efficacité politique et médiatique.

5.6. Des mises en cause de l'éthique de la recherche

Des experts du GIEC ont dénoncé des modifications dans les rapports après le processus de révision par les pairs ou révélé des choix de rédaction qui les ont fait douter de la neutralité et de l'objectivité des conclusions présentées.

Ainsi pour Seitz (1996), ancien président de l'*Académie des sciences américaine*, une quinzaine de paragraphes auraient été modifiés dans le chapitre 8 du rapport du GIEC de 1995, considéré comme essentiel puisque traitant des résultats scientifiques en faveur ou opposés à l'influence des activités humaines sur le climat. Par ailleurs, pourquoi une page entière du résumé du troisième rapport pour les décideurs est-elle consacrée à des graphiques d'évolution des températures de surface montrant un réchauffement considérable, avec une demi-page supplémentaire de commentaires, alors que les changements dans l'ensemble de l'atmosphère, importants pour la physique des gaz à effet de serre n'occupent que sept phrases ? (Christy dans Michaels, 2005). De même, pour Lindzen (2006), météorologue au *Massachusetts institute of technology* (MIT), collaborateur du GIEC et auteur du chapitre VII du troisième rapport, l'affirmation de l'incertitude des modèles a été gommée dans le résumé destiné aux décideurs, et il est, au contraire, indiqué que les connaissances relatives à l'évolution du climat et leur incorporation dans les modèles climatiques se sont améliorées.

Pour Seitz (1996), ces changements viseraient à éliminer les indices de scepticisme de nombreux scientifiques quant à la thèse selon laquelle les activités humaines joueraient un rôle majeur dans un réchauffement climatique. Lindzen (2006) souligne qu'aucun des milliers de scientifiques impliqués « ne s'est vu demander s'il acceptait quoi que ce soit dans l'ensemble du rapport, hormis deux ou trois pages sur lesquelles il travaillait » et critique la « fabrique du consensus » scientifique dans le GIEC. Il en a d'ailleurs démissionné. Un autre expert ayant participé aux deuxième et troisième rapports du GIEC a renoncé à participer aux travaux du

¹⁴ Établie après le *International Symposium on the Greenhouse Controversy* tenu à Leipzig en novembre 1995, et à Bonn en novembre 1997, organisé par le projet *Science and environmental policy project* et *European academy for environmental affairs*.

quatrième rapport (Landsea, 2005), constatant que le futur auteur principal du chapitre consacré aux cyclones avait déclaré dans la presse, dès 2004, l'existence probable d'un lien entre gravité des cyclones et réchauffement climatique alors que ce lien est actuellement controversé. Dans ce contexte, Landsea a refusé de « *contribuer à un processus qu'il considère motivé par des objectifs préconçus et scientifiquement non fondés* ». Par ailleurs, Christy (2005) souligne qu'il existait un préjugé évident chez une majorité d'experts en faveur de certaines politiques spécifiques. Selon lui, environ 80 % des auteurs principaux soutenaient le protocole de Kyôto et lui auraient clairement déclaré que le rapport du GIEC devait apporter toutes les preuves nécessaires pour que les gouvernants adoptent le traité. Par ailleurs, Zillman, le délégué principal de l'Australie au GIEC, initialement enthousiaste sur les travaux du groupe, décrit dans un texte intitulé *Le GIEC vu de l'intérieur*¹⁵ la « *pression du consensus* » et comment il a été amené à remettre en question le bien-fondé de l'idée de « *science par consensus* ».

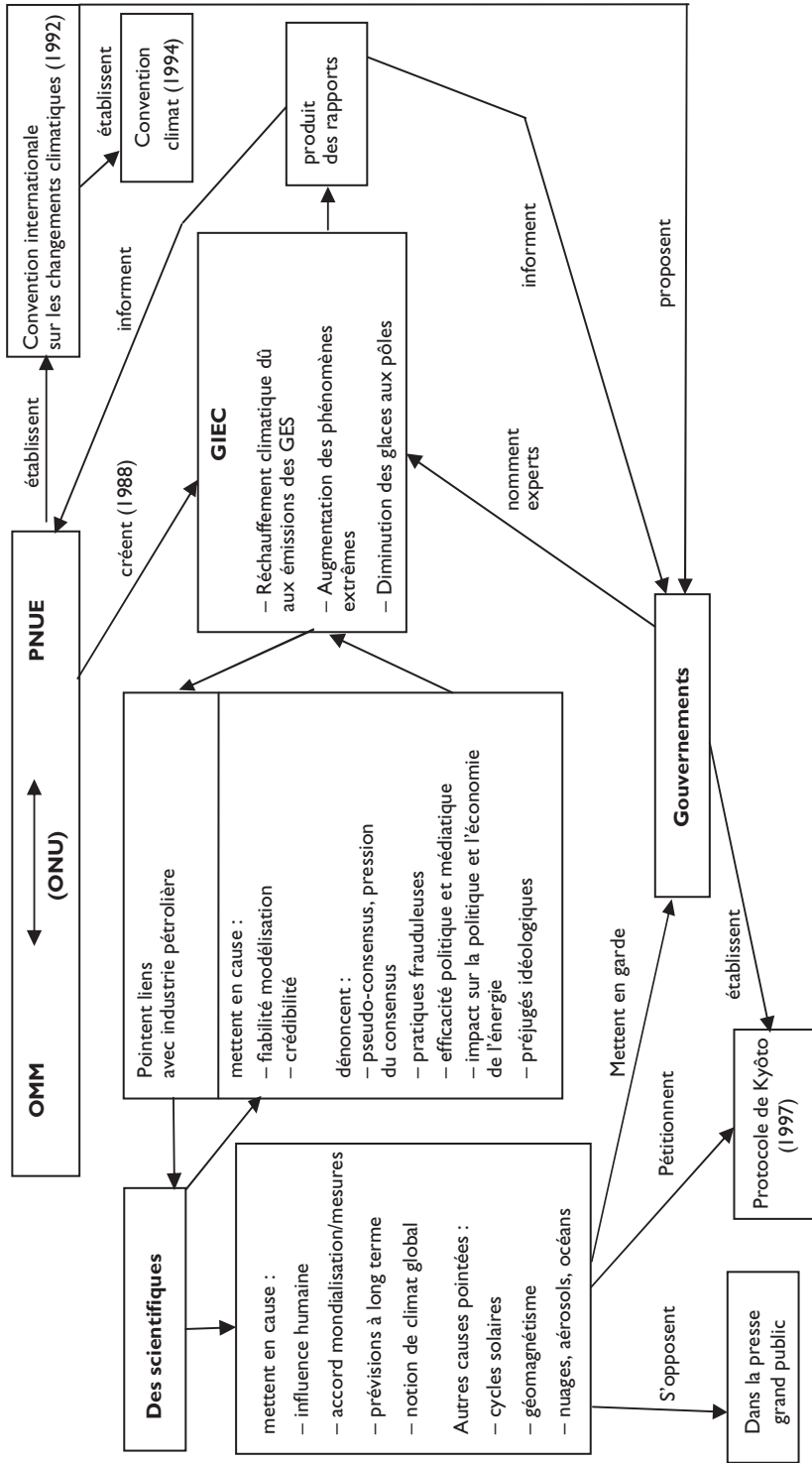
Soulignant que le rapport du GIEC fournit la base de décision de politiques énergétiques qui auraient un énorme impact sur les prix du gaz et du pétrole aux États-Unis et sur l'économie internationale, Seitz (1996) recommande d'abandonner les procédures d'évaluation du GIEC et de rechercher des sources d'informations plus fiables pour conseiller les gouvernements.

6. Cartographie d'une controverse

Le climat soulève aujourd'hui de nombreuses questions à l'échelle internationale tant sur le plan scientifique, qu'économique, politique ou environnemental. Une cartographie de la controverse socioscientifique autour du climat (figure 1) permet d'en représenter les protagonistes et les différentes positions débattues. Tandis que les discours majoritaires sur la question du réchauffement climatique soulignent l'établissement d'un consensus et reproduisent une rhétorique courante visant à masquer les incertitudes inhérentes aux recherches, des discours minoritaires soulignent la nature chaotique du climat rendant illusoire les tentatives de prévisions du climat. Une analyse des controverses socioscientifiques souligne l'interpénétration de la science, de la politique, de l'économie et des médias sur les questions du climat comme l'illustre la cartographie élaborée. Ceci ne nous apparaît pas sans conséquences dans une perspective didactique d'éducation aux sciences plus citoyenne. Comment relater la « science en train de se faire », consensus pour certains, élaboration frauduleuse pour d'autres ? Comment présenter les dimensions scientifiques, sociales, économiques, politiques qui parcourent les différentes positions ?

15 Traduction libre du titre original : *The IPCC : a view from the inside*.

Figure 1. Cartographie de la controverse sur les changements climatiques



7. Implications didactiques

Afin d'enrichir notre questionnement sur la scolarisation de questions scientifiques socialement vives dans la perspective d'une éducation aux sciences citoyenne, nous avons emprunté les voies de l'histoire sociale et culturelle des sciences (Pestre, 2006), et de la sociologie des sciences (Callon *et al.*, 2001 ; Latour, 2007). La littérature sur les développements technoscientifiques actuels montre que différentes formes de régulation sont possibles. Elles peuvent relever de l'éthique (catastrophisme éclairé, principe de responsabilité) ou du politique (procédures d'expertise, mise en œuvre de principes de précaution, de prévention ou de prudence, pratique démocratique dans des dispositifs divers). À propos des controverses sur les changements climatiques, se pose par exemple la question de leur prise en charge politique à l'échelle globale. On peut constater que, dans un contexte de mondialisation ou de globalisation, les organisations non-gouvernementales sont devenues des acteurs essentiels de la vie politique internationale. Leur participation peut être analysée de façon critique car il est possible qu'elles contribuent à l'occultation des questions de pouvoir, de même que le vocabulaire de la gouvernance (« globale » ou « d'entreprise ») tend à masquer les questions politiques (Moreau-Defarges, 2001). De plus, l'intégration de notions telles que la gestion responsable, l'éthique et le développement durable dans une rhétorique politiquement correcte constitue, par le langage, ce que Baudrillard (2004) analyse comme une récupération idéologique qui vise à éliminer la portée des propositions alternatives. Il ne s'agirait plus alors de choix de société et d'arbitrages de fond à opérer mais d'inventer de bonnes procédures de gestion. Dans ce contexte, *« gouverner n'est plus affaire de politique au sens fort mais l'affaire de tout un chacun, tout le monde étant responsable de tout devant tout le monde dans un univers toujours en mouvement et enfin consensuel »* (Pestre, 2003, p. 136). L'émergence de discours considérant la planète comme un acteur social et promouvant une citoyenneté planétaire, ainsi que l'élaboration de protocoles internationaux tels celui de Kyôto peuvent également contribuer à un effacement des acteurs et structures politiques traditionnelles (citoyens, gouvernements). Par ailleurs, une préférence pour un mode de régulation centré sur l'éthique plutôt que sur le politique peut être repérée dans les discours lorsqu'est évoquée, par exemple, une responsabilité éthique envers les générations futures ou morale contre un mal menaçant. Le climat devient ainsi pour certains une question morale (film avec Al Gore¹⁶). Quid alors de la responsabilité sociale et politique d'élaborer des choix de société en matière de consommation énergétique, d'habitat, d'urbanisme, de modes de transports... ?

La mise en discussion scolaire de technosciences controversées peut également faire intervenir une approche éthique et/ou politique. Les programmes de l'enseignement agricole proposent d'ailleurs la prise en compte de la dimension éthique

16 « Une vérité qui dérange », documentaire de Davis Guggenheim avec Al Gore (2006). Titre original : *An Inconvenient Truth*.

et d'une réflexion sur le principe de précaution (par exemple pour la filière scientifique à propos du climat ou de la compréhension de systèmes agraires, alimentaires et de production dans le module *Agronomie, territoire, citoyenneté*).

Pour tenter de cerner les formes scolaires de controverses socioscientifiques et la contribution de tels enseignements à une éducation aux sciences citoyenne, explorons le champ de l'éducation à la citoyenneté qui tente, lui aussi, de combiner plusieurs orientations et dont la forme scolaire n'a jamais été stabilisée (Audigier, 1996). Dans une dimension morale, il s'agit de transmettre les principales valeurs d'une société. L'accent est mis sur le développement de comportements, d'attitudes de respect et de tolérance. Dans une dimension politique, il s'agit de fournir des informations sur le fonctionnement des institutions, du niveau local au niveau national puis international. Cette dimension repose sur une définition juridique et politique du citoyen comme une personne titulaire de droits et d'obligations qui appartient à une collectivité politique dans laquelle elle détient une part de souveraineté (Audigier, 2000). L'analyse historique de l'éducation à la citoyenneté montre que depuis environ vingt ans, la dimension politique tend à s'affaiblir et à être remplacée par une dimension sociale. Nous pourrions, de la même façon, nous interroger sur la possibilité d'un glissement de la dimension morale de l'éducation à la citoyenneté vers une approche éthique. Audigier pointe d'ailleurs « *une difficulté croissante à maintenir un enseignement moral dans un environnement culturel où [s'affirment] de plus en plus l'autonomie du sujet et la mise en cause des autorités constituées* » (*ibid.*, p. 3).

Nous retenons ainsi de ces recherches de possibles difficultés à traiter en classe de la dimension politique de questions socialement vives (QSV), dont la dénomination d'ailleurs pourrait signifier un intérêt marqué pour leur dimension sociale, bien qu'elles soient aussi des questions politiquement vives, et une possible centration sur l'éthique avec un risque de confrontation à des revendications individualistes dans le contexte du social d'aujourd'hui marqué par l'émergence d'un hyperindividualisme et une diversité des modes d'existence (Giddens, 1991 ; Beck, 2001 ; Pestre, 2003).

Si la nouvelle alliance qui se dessine entre enseignement des sciences et éducation citoyenne à propos de l'enseignement de questions scientifiques socialement vives apparaît stimulante, elle reste nébuleuse sur le plan pragmatique (Sadler & Fowler, 2006). La justification de l'intégration de telles questions dans les programmes pourrait être remise en cause du fait de la prégnance d'une logique disciplinaire de l'enseignement des sciences et de difficultés de prise en compte d'une diversité de références. Des concepts scientifiques peuvent être mobilisés, des connaissances en épistémologie et sociologie des sciences également, et se pose aussi la question de l'intégration dans l'enseignement des sciences de savoirs élaborés dans des communautés diverses, certaines n'étant pas reconnues dans un curriculum scientifique traditionnel comme productrices de savoirs. Autrement

dit, pour le développement d'une culture scientifique, en vue d'une participation sociale effective, les références peuvent être des savoirs et pratiques sociales associés à une diversité de groupes sociaux. L'enseignant peut être conduit à procéder lui-même au choix des références sur lesquelles appuyer son enseignement et, dans ce cas, sa responsabilité peut apparaître écrasante (Tiberghien, 2007). Les pratiques enseignantes peuvent être prises dans des contraintes contradictoires, ce qui conduit généralement les enseignants à une attitude de prudence comme l'a souligné Lantheaume (2006) à propos d'une question vive (les relations entre l'Algérie et la France) dans l'enseignement de l'histoire.

Ainsi, nous nous interrogeons sur la mise en forme scolaire de questions scientifiques socialement vives. Quels types de savoirs et pratiques mobiliser pour une éducation citoyenne dans l'enseignement des sciences ? Pour quelles finalités ? Débattre ? Négocier avec les savoirs experts ? Agir socialement et politiquement ? Développer une responsabilité éthique ? Morale ? Une prise de conscience des problèmes contemporains ? Apprendre des sciences ? Comment élaborer à l'école des savoirs communs à propos de questions qui divisent la société ? Convenons que répondre à ces questions n'est pas simple, mais les éluder nous apparaîtrait imprudent. Les réformes éducatives et les recherches en éducation n'ont pas lieu dans un vide social, mais au contraire sont plongées dans les idéologies ambiantes. En conséquence, les nouvelles questions posées au système éducatif par l'intégration récente de questions vives dans les programmes nécessitent, selon nous, un effort de recherche soutenu en éducation aux sciences. Pour ce faire, précisons que la posture de recherche critique, qui est la nôtre, nous oblige à résister à deux positions extrêmes. D'une part, un enthousiasme militant dans lequel les questions socialement vives constitueraient une nouvelle alliance riche de promesses entre enseignement des sciences et éducation à la citoyenneté et, d'autre part, un refus épidermique selon lequel ces questions n'auraient pas lieu d'être travaillées, ne relevant par exemple pas de la science.

Il y a un enjeu social majeur à viser un usage critique et raisonné de l'expertise et une participation démocratique aux débats publics, procédures d'évaluation et prises de décisions en matière technoscientifique. Les processus d'expertise ne sont pas neutres et l'explicitation des présupposés et fondements théoriques, méthodologiques, mais également idéologiques des discours experts est une condition essentielle pour en développer un usage critique et démocratique. Comment former les jeunes à développer un tel usage de l'expertise est une question qui est au cœur des préoccupations de plusieurs chercheurs en éducation aux sciences dans le courant des questions socioscientifiques.

Comme l'indique l'analyse de la controverse sur les changements climatiques que nous venons de mener, il n'existe pas de réponse qui résoudrait la controverse. Face à de telles questions, on se trouve confronté à l'incertain et l'enseignant ne peut apporter de réponse ; un intérêt didactique réside à notre avis dans une

prise de conscience par les élèves du système de valeurs qui parcourt différentes orientations ou options. Il peut s'agir d'apprendre aux élèves à identifier les projets qui sous-tendent les développements technoscientifiques actuels, leurs différents acteurs, leurs positions institutionnelles et leurs intérêts, à évaluer des discours experts et à estimer le rôle des sciences dans le débat public.

Ainsi, les questions socialement vives impliquent d'examiner la nature et l'élaboration des controverses, en s'appuyant sur des approches didactiques enrichies par l'épistémologie et la sociologie des sciences. Selon une approche de didactique analytique ou interprétative, une cartographie des controverses peut servir de référence pour identifier les « *représentations-connaissances* » (Legardez, 1999) d'élèves et d'enseignants sur ces controverses, agrégats qui comportent des éléments de représentations sociales et des connaissances formelles diverses. Selon une approche de didactique propositionnelle ou interventionniste, procéder à la cartographie de controverses peut nourrir l'élaboration de situations d'enseignement ou constituer une stratégie didactique pour, par exemple, diagnostiquer en classe des représentations initiales, fournir une ressource pour un débat, une activité d'expertise ou une prise de décision, ou procéder à une synthèse des apprentissages.

Il est probablement encore trop tôt pour cerner de façon satisfaisante les conditions de viabilité du traitement de questions socialement vives en classe. Legardez (2006, p. 27) souligne une tentation, qui peut être forte, « *de légitimer un contenu scolaire par la prégnance (conjoncturelle ou structurelle) d'un questionnement social* » et pointe un risque « *à trop vouloir se rapprocher de questions de société, [...] de s'exposer à la mise en cause des critères de légitimité du savoir scolaire sur une QSV* ». La diversité des sources de référence possibles pour la mise en forme scolaire de controverses socioscientifiques est attestée par les recherches déjà menées. Mais, comme pour d'autres approches dans la recherche en didactique, « *au-delà de la faisabilité dans le court terme, déjà attestée par les recherches passées, [...] la question de la viabilité à moyen terme* » (Johsua & Dupin, 1993, p. 344) se pose aujourd'hui pour les controverses socioscientifiques.

Ainsi, un effort de théorisation nous apparaît nécessaire pour qui souhaite cerner, dans une perspective didactique, les modalités d'existence et les mises en formes scolaires de controverses socioscientifiques dans l'enseignement des sciences. Il s'agit en particulier de développer des recherches afin de cerner comment l'introduction dans les programmes de l'enseignement scientifique au lycée de questions scientifiques socialement vives conduit à une redéfinition des disciplines scientifiques, dans leurs contenus et leurs démarches et à des transformations des professionnalités enseignantes et de documenter les relations nouvelles entre disciplines scolaires et « *éducation à* ». ■

BIBLIOGRAPHIE

- ALBE V. (2007). *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 Lumière-Lyon 2, Lyon.
- ALBE V. (2007). *Changement climatique, énergies, développement durable : Quelles représentations d'élèves et d'enseignants ?* Cinquièmes rencontres de l'ARDIST, Montpellier, 17-19 octobre 2007.
- ARONS A.B. (1983). Achieving wider scientific literacy. *Daedalus*, vol. CXII, n° 2, p. 91-122.
- AUDIGIER F. (1996). Impossible et nécessaire éducation civique. In *Actes de la 3^e Biennale de l'Éducation et de la Formation*.
- AUDIGIER F. (2000). *L'éducation à la citoyenneté et l'École, en Europe : entre histoires singulières et avenir partagé*. Chapitre non publié.
- 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*, n° 3, p. 231-250.
- BARD E. (2003). *Évolution du climat et de l'océan. Leçons inaugurales du collège de France*. Paris : Collège de France : Fayard.
- BAUDRILLARD J. (2004). La violence de la mondialisation. *Manière de Voir*, n° 75, p. 10-12.
- BECK U. (2001). *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*. Paris : Éditions Aubier.
- BOURAS A. (2007). Les nanotechnologies : une analyse sociale des controverses. In *Actes des XXVIII^{es} Journées internationale de l'éducation scientifique*, Chamonix, 24-28 avril 2007.
- BRANSCOMB A.W. (1981). Knowing how to know. *Science, Technology, & Human Values*, vol. VI, n° 36, p. 5-9.
- CALLON M., LASCOUMES P. & BARTHE Y. (2001). *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*. Paris : Éd. du Seuil.
- CHAFFAUT I. (2006). *Comparaison des conceptions d'enseignants et de scientifiques sur la thématique du changement climatique*. Mémoire de Master 2 Recherche, université Montpellier 2, Montpellier.
- COMMISSION MONDIALE POUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT (1987). *Notre avenir à tous*. Montréal : Les éditions du fleuve.
- FOUREZ G. (2002). En écho à l'article de Fensham. *Revue Canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, n° 2, p. 197-202.
- GEORGES C. (2004). 20th-century glacier fluctuations in the tropical Cordillera Blanca, Peru. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, n° 35, p. 100-107.
- GIDDENS A. (1991). *Modernity and self-identity. Self and society in modern age*. Cambridge : Polity Press.
- HAMMAN J. (2000). Sueurs froides. *Contact*, n° 15, p. 19-21.
- HOGAN K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 39, p. 341-368.

- 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*, n° 24, p. 1171-1190.
- JOHSUA S. (1997). Le concept de transposition didactique peut-il étendre sa portée au-delà de la didactique des sciences et des mathématiques ? *Skholê*, n° 6.
- JOHSUA S. & DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- 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.
- LANDSEA C. (2005). *An Open Letter to the Community from Chris Landsea, 17 janvier 2005*. Disponible sur Internet : <http://www.lavoisier.com.au/papers/articles/landsea.html> (consulté le 21 février 2008).
- LANTHEAUME F. (2006). Les difficultés de la transmission scolaire : le lien Algérie-France dans les programmes d'histoire, les manuels et l'enseignement en France. Communication au colloque *Pour une histoire critique et citoyenne*, Lyon, 20-22 juin 2006.
- 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*, n° 1, p. 39-60.
- LATOURE B. (2007). *Cours de description des controverses*. Disponible sur Internet : <http://controverses.ensmp.fr> (consulté le 21 février 2008).
- LAUGKSCH R.C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, n° 84, p. 71-94.
- LEACH J. & LEWIS J. (2002). The role of students' epistemological knowledge in the process of conceptual change in science. In M. Limón & L. Mason (éd.). *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 économiques et sociales dans l'enseignement secondaire français*. Mémoire de synthèse pour l'habilitation à diriger des recherches, université de Provence-Aix-Marseille I, Marseille.
- LEGARDEZ A. (2006). Enseigner des questions socialement vives. Quelques points de repères. In A. Legardez et L. Simonneaux (éd.). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF, p. 19-31.
- LENOIR Y. (1992). *La vérité sur l'effet de serre. Le dossier d'une manipulation planétaire*. Paris : La Découverte.
- LINDZEN R. (2006). Climate of fear. Global-warming alarmists intimidate dissenting scientists into silence. *Wall Street Journal*, 12 avril 2006.
- MANN M.E., BRADLEY R.S. & HUGHES M.K. (1998). Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, n° 392, p. 779-787.
- MICHAELS P.J. (Ed.) (2005). *Shattered consensus. The true state of global warming*. Rowman & Littlefield: Lanham.
- MILLER J.-D. (1983). Scientific literacy: A conceptual and empirical review. *Daedalus*, n° 112, p. 29-48.

- MÖLG T., RENOLD M., VUILLE M., CULLEN N.J., STOCKER T.F. & KASER G. (2006). Indian Ocean zonal mode activity in a multicentury integration of a coupled AOGCM consistent with climate proxy data. *Geophysical Research Letters*, n° 33, p. L18710.
- MONAGHAN A.J., BROMWICH D.H., FOGT R.L., WANG S.-H., MAYEWSKI P.A., DIXON D.A., EKAYKIN A., FREZZOTTI M., GOODWIN I., ISAKSSON E., KASPARI S.D., MORGAN B.I., OERTER H., VAN OMMEN T.D., VAN DER VEEN C.J. & WEN J. (2006). Insignificant change in Antarctic snowfall since the international geophysical year. *Science*, n° 313, 11 août 2006.
- MOREAU-DEFARGES P. (2001). Gouvernance. *Le débat*, n° 115, p. 165-172.
- PATRONIS T., POTARI D. & SPILIOPOULOU V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue: implications for teaching. *International Journal of Science Education*, n° 21, p. 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*, n° 99, p. 174-181.
- PESTRE D. (2003). *Science, argent et politique. Un essai d'interprétation*. Paris : INRA Éditions.
- PESTRE D. (2006). *Introduction aux Science Studies*. Paris : La Découverte.
- PREWITT K. (1983). Scientific illiteracy and democratic theory. *Daedalus*, vol. CXII, n° 2, p. 49-64.
- ROBERTS D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell & N.G. Lederman (éd.). *Handbook of Research on Science Education*. Mahwa (New Jersey): Lawrence Erlbaum Associates, p. 729-780.
- ROBINSON A.B., ROBINSON N.E. & SOON W. (2007). Environmental effects of increased atmospheric carbon dioxide. *Journal of American Physicians and Surgeons*, n° 12, p. 79-90.
- SADLER T.D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 41, p. 513-536.
- SADLER T.D. & FOWLER S.R. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation. *Science Education*, n° 90, p. 986-1004.
- SEITZ F. (1996). A Major Deception on Global Warming. *Wall Street Journal*, 12 juin 1996.
- SHAMOS M. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick (US): Rutgers University Press.
- SHORTLAND M. (1988). Advocating science: Literacy and public understanding. *Impact of Science on Society*, vol. XXVIII, n° 4, p. 305-316.
- SNOW C.P. (1962). *The two cultures and the scientific revolution*. Cambridge (UK): Cambridge.
- STENGERS I. (1993). *L'invention des sciences modernes*. Paris : La Découverte.
- TIBERGHEN A. (2007). *Legitimacy and references of scientific literacy*. Symposium Uppsala.
- VINNIKOV K.Y., CAVALIERI D.J. & PARKINSON C.L. (2006). A model assessment of satellite observed trends in polar sea ice extents. *Geophysical Research Letters*, n° 33, p. L05704.

VON STORCH H., ZORITA E., JONES J., DIMITRIEV Y., GONZÁLEZ-ROUCO F. & TETT S. (2004). Reconstructing past climate from noisy data. *Science*, n° 306, p. 679-682.

WALBERG H.J. (1983). Scientific literacy and economic productivity in international perspective. *Daedalus*, n° 112, p. 1-28.