

L'encadrement des recherches sur les cellules souches embryonnaires humaines en France ; une thématique de choix pour développer une éducation par et aux médias

Grégoire Molinatti^{a,1} et Eric Triquet^b

^a Université de Montpellier, Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Education et Formation (EA 3749), 2 Place Marcel Godechot, 34092 Montpellier & Centre Norbert Elias (UMR8562, EHESS-CNRS-AMU), Marseille

^b Université d'Avignon, 74 rue Louis Pasteur, 84029 Avignon cedex 1, Centre Norbert Elias (UMR8562, EHESS-CNRS-AMU), équipe Culture et communication, Avignon

Résumé. Depuis la fin des années 1990, l'encadrement législatif des utilisations des cellules souches embryonnaires humaines fait l'objet de réexamens réguliers dans le contexte français. Nous analysons ici les enjeux épistémiques et éthiques de cette controverse socioscientifique ainsi que les principales positions et arguments qui se sont développés dans l'espace public. Nous proposons dans cet article d'interroger le dispositif – présenté institutionnellement comme délibératif – qui a accompagné la dernière révision des lois bioéthiques sur ce thème. La mise en contexte sociohistorique nous permet d'explorer des pistes pour un traitement didactique de la question socialement vive des utilisations des cellules souches embryonnaires humaines. En nous appuyant sur une recherche menée en classe nous discutons notamment la question de la formation des élèves à une approche critique du traitement médiatique de la question et nous défendons l'enjeu éducatif essentiel de formation à la rationalité critique des élèves, c'est à dire leur capacité à se représenter et à transformer la réalité, notamment par la communication de leurs opinions dans l'espace public.

Dynamics of the framing policies of human embryonic stem cell research in France: a relevant socio-scientific issue for education through and about the media

Abstract. Since the end of the nineties, the French bioethics laws, which regulate the uses of the human embryonic stem cells, are regularly revised. The aim of this paper is to identify the epistemic and the ethical aspects of this socio-scientific issue. We map the main positions and arguments expressed within the public space. We focus on the process of the latest review of the bioethics laws, presented by the government as a participatory

¹ Auteur de correspondance : gregoire.molinatti@univ-montp2.fr

process. Putting this controversy into sociohistorical context, we suggest some guidelines for teachers to address the issue regarding the use of human embryonic stem cells. With the support of empirical data, we discuss the issue of training students to a critical approach to the media treatment of this controversy. We argue about what we consider as a major educational issue: training students to critical rationality, that is to say, to learn ways to address complex issues and to be able to transform social reality, particularly by communicating their informed opinions.

1. Introduction

Depuis le milieu des années 1990, la question des utilisations des cellules souches embryonnaires humaines (CSEh) est, dans de nombreux pays, une question éthique de société majeure. Alors que la Grande Bretagne autorisait très tôt leur utilisation pour des recherches sur les thérapies cellulaires, ces dernières ont été d'abord interdites puis récemment permises par les législations en France ou aux Etats Unis. L'évolution de l'encadrement législatif des utilisations des CSEh offre donc l'opportunité de s'interroger sur les dynamiques sociales d'une question bioéthique puis sur son traitement didactique.

Cette communication entend mettre au jour les différents enjeux épistémiques et sociétaux des recherches sur les CSEh en lien avec leurs implications éthiques. Sur ces bases, elle se propose de définir le cadrage sociétal de ces recherches sur le vivant en termes de normes scientifiques et sociales, entendues au sens de Georges Canguilhem (1994) [1], comme des processus affectant des valeurs à des faits de définir la possibilité d'utiliser ou non l'embryon humain en fonction du statut de sujet ou de matériel qu'on lui attribue. Il s'agira, en nous appuyant sur l'exemple français, de présenter l'évolution des positions adoptées par le législateur et les principaux arguments échangés.

Nous nous proposons en fait d'examiner dans quelle mesure le processus qui a conduit à définir le cadre légal des recherches sur les cellules souches embryonnaires humaines (CSEh) sur le sol français relève de ce que Philippe Kitcher (2010) [2] a nommé une « science bien ordonnée ». L'option envisagée par cet auteur est ici de restreindre la délibération au cercle de représentants des citoyens à la double condition que ceux-ci soient en mesure d'exprimer des préférences éduquées (informées, discutées) et qu'ils aient été familiarisés avec les préférences portées par des représentants d'autres segments de la société, voire d'autres sociétés. Nous cherchons à repérer si dans le cas présent ces conditions ont été réunies. Pour ce faire nous allons nous intéresser au dispositif mis en place, au fonctionnement des instances concernées et à l'évolution du cadre imposé aux chercheurs.

Ce choix des recherches sur les CSEh questionne ainsi la « vie » et le « vivant » selon des points de vue croisés – politique et éthique, en plus d'être technique et scientifique – qui contraignent les enseignants à se positionner. Nous concluons ainsi notre exposé par des pistes issues de la didactique des questions socialement vives. Les enjeux éducatifs sont discutés de même que les objectifs de formation qui peuvent être visés.

2. L'utilisation des cellules souches embryonnaires humaines ; analyse des enjeux

Dans un domaine de recherches aussi complexe et controversé que celui des recherches sur l'embryon et les CSEh, il convient de distinguer au moins deux types d'enjeux intimement liés : les enjeux de connaissances et les enjeux médicaux (thérapeutiques, économiques, sociaux) d'un côté, les enjeux éthiques de l'autre. A la suite de la sociologie de la critique, nous pouvons en effet distinguer les dimensions épistémique (espaces de calcul), axiologique (valeurs mobilisées) et ontologique (tangibilité pour les acteurs sociaux) de cette question que nous abordons comme des jeux d'acteurs et d'arguments en contexte (Chateauraynaud, 2007) [3].

2.1. Enjeux épistémiques et enjeux médicaux

S'intéresser aux enjeux épistémiques et aux développements pratiques nous permet d'accéder à la façon dont les projets de recherche dans ce domaine acquièrent une signification et des formes de légitimation. Pour les besoins de l'analyse, il nous faut repérer ce qui relève pour les scientifiques du registre de la production de connaissances fondamentales et ce qui renvoie au domaine des applications (considérant cependant qu'il y a une interaction forte entre ces deux dimensions).

La recherche sur l'embryon et les CSEh étudie au départ les mécanismes du développement de l'embryon humain jusqu'à quelques jours après la fécondation. Ce faisant, elle permet de progresser dans la compréhension de leurs propriétés à l'échelle cellulaire et moléculaire (indifférenciation, capacité de division, totipotence). C'est au départ la capacité de cellules embryonnaires à engendrer tout type de cellules humaines qui intéresse le plus les chercheurs. Elle ouvre – en théorie tout au moins – des perspectives nouvelles sur le plan thérapeutique, en particulier en médecine régénérative. Outre leur extraordinaire capacité à se diviser et à se différencier en n'importe quel type cellulaire de l'organisme adulte, les chercheurs mettent en avant le fait qu'elles sont nombreuses, accessibles et facilement cultivables. Mais elles présentent aussi un certain nombre d'inconvénients. Leur division est difficilement contrôlable et elles peuvent évoluer vers un phénotype tumoral lorsqu'elles sont implantées dans un organisme, comme c'est le cas dans les projets de thérapie cellulaire. Ainsi, si les recherches sur les CSEh ont suscité de vifs espoirs, elles n'ont pas aujourd'hui, de l'avis même des chercheurs, tenues toutes leurs promesses². En fait, en ce qui concerne la médecine régénérative, il semble de plus en plus certain qu'elles peuvent être remplacées par des cellules souches de cordon ombilical et surtout par des cellules souches adultes pluripotentes induites (dites iPS³) qui posent beaucoup moins de questions éthiques que les CSEh. Néanmoins, durant toutes les années 2000 et même après la découverte des iPS, de nombreux chercheurs promoteurs de la recherche sur l'embryon ont « vendu » à l'opinion et aux politiques ces possibles « progrès thérapeutiques », comme cela est rappelé dans le rapport de l'OPECST⁴ de juin 2010.

2.2. Enjeux éthiques

Le principal point critique au développement de ces recherches concerne en fait le plan éthique. Pour étudier les CSEh, les chercheurs réactivent les embryons congelés dits « surnuméraires » puis les laissent se développer quelques heures/jours pour ensuite isoler les CSEh. Ces derniers, qui ne font plus l'objet d'un projet parental, proviennent de fécondations in-vitro menées dans le cadre de l'aide médicale à la procréation. Le principal point d'achoppement tient dans le fait que ces embryons sont obligatoirement détruits par l'expérimentation. De fait, pour leurs opposants, ces recherches ne respecteraient ni leur intégrité, ni même la dignité que l'on pourrait leur témoigner. Considérant l'embryon comme une « personne humaine en puissance⁵ », l'Eglise chrétienne catholique considère que l'usage des cellules souches embryonnaires en recherche est moralement inacceptable. D'autres mettent en avant qu'aucune publication scientifique n'a prouvé l'« in-humanité » de l'embryon. Dire que l'embryon est une personne humaine n'est pas alors, selon eux, une question d'opinion, c'est un

² Depuis vingt ans en Grande-Bretagne, il est possible de faire des recherches sur l'embryon et même de fabriquer des embryons à des fins de recherche mais cela n'a pas permis d'aboutir à des avancées significatives en médecine régénérative (thérapies cellulaires).

³ Les cellules iPS découverte par le Pr S. Yamanaka en novembre 2007, semblent avoir un potentiel de différenciation proche de celui des CSEh mais avec le problème d'histocompatibilité en moins, puisque les cellules iPS, obtenues par reprogrammation de cellules adultes, ont le code génétique du patient.

⁴ L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

⁵ Alors qu'aucun consensus n'émerge sur la question au sein des autres monothéismes (islam, judaïsme, protestantisme). Voir Congrégation pour la doctrine de la foi, Instruction *Donum vitae*, rédigée en 1988 par Jean-Paul II.

fait.⁶ Lorsqu'on demande de prouver l'humanité de l'embryon, il conviendrait, disent-ils, de retourner l'interrogation et de demander comment on peut nier qu'il s'agit d'un être appartenant à l'espèce humaine. Rappelons que sur le plan strictement juridique, notre société est fondée sur le principe de protection de l'être humain : l'article 16 du Code civil affirme que « *la loi garantit le respect de l'être humain dès le commencement de sa vie* ». La question fondamentale est donc de décider si l'embryon peut être considéré comme un être humain ou comme un objet biologique, et ce jusqu'à quel stade de son développement. Dès 1984, le comité Consultatif National d'Éthique (CCNE) rendait un avis invitant à considérer l'embryon humain comme « une personne humaine potentielle qui est ou a été vivante et dont le respect s'impose à tous », pour affiner son jugement en parlant en 1986 de « potentialité de personne humaine », potentialité à la fois biologique et anthropologique au nom du projet ou du « roman familial » dans lequel il est susceptible de s'inscrire⁷. En fait, le droit ne reconnaît que deux catégories : les choses et les personnes, même si le droit est en train d'évoluer avec le respect que l'on attribue de plus en plus aux animaux. Reste que, concernant les embryons humains, en 1994, le législateur avait « estimé que le principe du respect de tout être humain dès le commencement de sa vie ne leur était pas applicable »⁸. Pour autant l'embryon ne peut être considéré comme une « chose » ordinaire, d'où l'extrême complexité du problème.

3. L'utilisation des cellules souches embryonnaires humaines ; positions et arguments

En tout état de cause, pour se saisir de la question socialement controversée des utilisations des CSEh il n'apparaît pas nécessairement pertinent de mobiliser un modèle visant à opposer, comme le propose classiquement la thèse épistémologique dite du « grand partage », savoirs et valeurs ou pour en reprendre les origines antiques *épistémé* et *doxa* (Bensaude-Vincent, 2003) [4]. En effet, lors d'une enquête menée en 2004-2007 et visant à analyser les discours de communications de neuroscientifiques interrogés par des lycéens sur les utilisations des CSEh dans le contexte de la révision des lois bioéthiques de 2004, nous avons montré que les discours des chercheurs étaient caractérisés par des procédés de reformulation du terme « embryon ». Ainsi, l'embryon était requalifié de « masse de cellules », d'« amas de cellules », de « boule » de « sphère qui n'a aucune forme » (Molinatti, 2010) [5]. Il s'agit là d'un effet de nomination au cours duquel est opéré un glissement de sens, inscrivant des valeurs et autorisé par des savoirs relatifs au développement embryonnaire. La réduction de l'embryon à sa dimension cellulaire lui confère implicitement un statut d'objet, de matériau sur lequel il est légitime de faire de la recherche, ce qui permettait aux chercheurs de considérer leurs discours comme neutres sur le plan axiologique. C'est la raison pour laquelle nous préférons mobiliser ici le concept de « norme » proposé par G. Canguilhem [1], puisque ce dernier la définit comme un processus qui affecte une valeur à un objet, un événement ou un fait. Ainsi, requalifier l'embryon comme un ensemble de cellules en mobilisant des connaissances relatives à son degré de développement (ontogenèse) et plus précisément de neuro-ontogénèse (développement du système nerveux), revient à instituer une norme sociale qui ne reconnaîtrait pas le qualificatif d'être humain à un organisme n'ayant pas atteint un certain degré de développement du système nerveux lui permettant d'assurer des fonctions sensorimotrices voire cognitives.

⁶ Source : fiche technique « La révision de la bioéthique en 2010 » <http://www.youscribe.com/catalogue/tous/education/cours/la-revision-de-la-loi-de-bioethique-en-2010-fiche-technique-sommaire-402842>

⁷ Voir les avis suivants du CCNE :

Avis sur les prélèvements de tissus d'embryons et de fœtus humains morts, à des fins thérapeutiques, diagnostiques et scientifiques. Rapport n°1 - 22 mai 1984.

Avis relatif aux recherches et utilisation des embryons humains in vitro à des fins médicales et scientifiques. Rapport n°8 - 15 décembre 1986.

⁸ Loi relative au respect du corps humain et loi relative à l'utilisation des éléments et produits du corps humain, à l'assistance médicale à la procréation et au diagnostic prénatal du 27 juillet 1994.

Pour bien comprendre ce concept d'interactions entre normes scientifiques et normes sociales nous pouvons prendre l'exemple de la mort encéphalique. On qualifie ainsi un patient présentant une absence totale de conscience, sans réflexes, sans activité motrice spontanée, ventilatoire notamment, sans activités neuronales synchrones décelables à l'électroencéphalogramme (dit « plat », ce qui peut constituer une norme scientifique) mais ayant une activité cardiaque et circulatoire (donc n'étant pas mort). Cet état de mort encéphalique autorise que soit prélevé chez le patient concerné des organes pouvant être transplantés chez un patient receveur. Il s'agit là d'une norme sociale inscrite dans le droit et qui fait l'objet d'un consensus large en France⁹, ou pour le moins stabilisé.

A l'inverse, l'institution de normes, c'est à dire la normativité, relative à l'embryon humain n'est pas stabilisée. Les normes scientifiques mobilisées ne sont pas même explicitées dans les discours de chercheurs que nous avons analysés autour de la révision des lois de bioéthique de 2004. En revanche, certains des scientifiques qui sont intervenus dans le cadre des Etats Généraux de la Bioéthique en 2009 (en préparation de la révision des lois de bioéthique de 2011) ont tenu à expliciter ces normes. C'est par exemple le cas du Pr Ménaché qui explique en quoi le délai retenu en Grande Bretagne pour autoriser l'utilisation des embryons à des fins de recherche a été fixé à 14 jours. C'est justement parce que, comme cela a été fait pour l'état de mort encéphalique, on peut identifier à ce stade une étape de développement du système nerveux : « par raison de symétrie on a considéré que la vie c'était l'apparition d'un cerveau, d'un système nerveux or il se trouve que ça se situe au alentours du 14ème jour dans l'espèce humaine »¹⁰.

Si cette question du degré de développement du système nerveux qui permettrait l'institution d'une norme sociale relative au statut de l'embryon n'est pas stabilisée en France, en revanche, pour les principaux opposants aux utilisations des cellules souches embryonnaires humaines, la norme est extrêmement claire et stable. Ainsi pour les représentants de l'église chrétienne catholique, l'embryon est à la fois humain et divin, c'est pourquoi il « exige le respect inconditionnel moralement dû à l'être humain dans sa totalité » et ce « dès sa conception », « c'est-à-dire à partir de la constitution du zygote »¹¹.

Dans la suite de cet article nous souhaitons réexaminer le processus qui a conduit à définir le cadre légal des recherches sur les CSEh dans le contexte français. Nous prendrons en compte la période 1994 – année au cours de laquelle la France s'est dotée, pour la première fois, d'un corpus de lois dites de bioéthique – à 2013 (date de la dernière révision), en nous centrant de façon plus précise sur le dispositif consultatif mis en place pour cette dernière révision. Plusieurs options s'offraient alors au législateur : soit interdire toute recherche sur l'embryon comme certains le souhaitaient dès le départ, soit proposer un système de dérogation tel que celui mis en place dès 2004, soit libéraliser la recherche.

3.1. Evolution du cadre légal

Sur la question de l'autorisation de recherches sur l'embryon on va passer successivement d'une interdiction stricte (1994) à une interdiction avec dérogation (2004 et 2011), et pour finir à une autorisation encadrée (2013). Entre 2004 et 2011 seul le libellé des conditions évolue, mais à la marge. Nous proposons de revisiter ces différents articles de lois en les commentant selon les perspectives définies plus haut.

⁹ Notons que la définition de mort encéphalique peut varier d'un état à un autre incluant ou non, en plus de la destruction du tronc cérébral, celle des deux hémisphères.

¹⁰ Transcription, audition de « Grands Témoins », Etats Généraux de la Bioéthique, Forum Régional de Marseille, 2009.

¹¹ Congrégation pour la doctrine de la foi, Instruction *Dignitas Personae* de Benoît XVI (2008), reprenant page 4, l'instruction *Donum vitae*, rédigée en 1988 par Jean-Paul II).

En 2004 le texte législatif maintient l'interdit de principe pour les recherches sur l'embryon mais ouvre une brèche¹² en l'assortissant de deux conditions dérogatoires : « permettre des progrès thérapeutiques majeurs » et « ne pas pouvoir être poursuivies par une méthode alternative d'efficacité comparable, en l'état des connaissances scientifiques ». Les travaux parlementaires de la loi de 2004 apparaissent même très explicites sur la première condition, préférée à l'exigence de « finalité médicale » envisagée dans un premier temps¹³. De l'aveu même des scientifiques promoteurs de la recherche sur l'embryon il s'agit là d'un frein pour la recherche. Mais il faut souligner dès à présent qu'un certain nombre de chercheurs et parlementaires qui mettaient en avant les bénéfices thérapeutiques des CSEh pour le vote de la loi de 2004 ont reconnu l'absence d'applications thérapeutiques effectives de ces cellules, au lendemain même du vote de la loi de 2004. La seconde exigence renvoie à l'absence de méthodes alternatives d'efficacité comparable, elle est également clairement précisée lors des travaux parlementaires. Cela signifie que si les progrès thérapeutiques majeurs peuvent être atteints par un autre moyen, seul ce dernier devra être poursuivi. Il faut convenir que le législateur a mis ici en place un verrou qui sera effectivement mis en œuvre avec la découverte en 2007 des cellules reprogrammées (iPS).

La révision des lois de bioéthiques de juillet 2011 ne change pas fondamentalement le régime dérogatoire mais introduit deux nouvelles conditions : « la pertinence scientifique du projet de recherche » et « le respect de principes éthiques ». La première condition correspond à un critère couramment utilisé en matière de recherche, quant à la seconde elle doit être regardée comme renvoyant aux principes généraux relatifs au don et à l'utilisation des éléments et produits du corps humain issus de la loi de 1994.

Le changement important apparaît en fait dans la loi du 6 août 2013 puisqu'on passe d'une interdiction avec possibilité de dérogation à un principe d'autorisation encadrée, c'est-à-dire qu'il existe maintenant, sous certaines conditions, une « présomption de disponibilité de l'embryon humain pour la recherche ». Il est à préciser que cette évolution de la législation est assez proche des préconisations¹⁴ faites par le panel de citoyens réunis dans le forum régional consacré à la question lors des Etats Généraux de 2009, alors que ces dernières n'avaient pas été retenues dans la révision de 2011. L'embryon surnuméraire devient alors pour certains opposants, « un matériau de laboratoire ». Le nouveau dispositif lève l'interdiction avec dérogation et pose une autorisation de principe mais il conserve quatre conditions cumulatives d'autorisation d'« un protocole de recherche conduit sur un embryon humain ou sur des CSEh ». Si deux conditions sont maintenues en l'état¹⁵, deux sont modifiées. En lieu et place « des progrès médicaux majeurs » il apparaît que la recherche « fondamentale ou appliquée », doit répondre à une « finalité médicale¹⁶ ». Le législateur a justifié ce changement par le fait que le caractère majeur ou non du progrès attendu n'est en réalité pas un critère pertinent ; et que la recherche peut être fondamentale et avoir une visée cognitive, alors que la notion de progrès anticipe sur le résultat de la recherche. En réalité il ne peut être dissocié de la critique sur le manque d'efficacité thérapeutique des recherches dans ce domaine. La loi de 2013 précise que ces recherches pourront être autorisées seulement si « en l'état des connaissances scientifiques, cette

¹² Toutefois les conditions de dérogation sont contraignantes et seulement pour cinq ans.

¹³ Dans le texte adopté en première lecture par l'Assemblée nationale.

¹⁴ « L'embryon ne devrait avoir un statut de personne en devenant qu'à partir du moment où il s'inscrirait dans un projet parental. C'est ce projet qui confère un statut à l'embryon, et ainsi le définit. L'absence de projet parental annule ce statut donné à l'embryon. Dès lors qu'il n'y a pas ou plus de projet parental, comme cela peut être le cas pour les embryons surnuméraires, nous sommes favorables à l'utilisation de l'embryon à des fins de recherche, sous réserve de l'accord explicite des concepteurs » (Rapport Final, Annexe 9, p 125, disponible à l'adresse suivante : <http://www.etatsgenerauxdelabioethique.fr/uploads/annexes.pdf>, consulté le 18.10.2015).

¹⁵ « La pertinence scientifique de la recherche est établie », « le projet et les conditions de mise en œuvre du protocole respectent les principes éthiques relatifs à la recherche sur l'embryon et les cellules souches embryonnaires ».

¹⁶ La « finalité médicale » exclut toute recherche conduite dans un cadre commercial ou dans un but étranger à la médecine. Mais ouvre plus largement les thématiques d'utilisation de ces cellules aux domaines de la validation de nouveaux traitements comme les tests de toxicité ou l'étude de propriétés pharmacologiques.

recherche ne peut être menée sans recourir à ces embryons ou ces cellules souches embryonnaires » et non plus, comme cela était le cas avant la révision, qu'il doit être « expressément établi qu'il est impossible de parvenir au résultat escompté par le biais d'une recherche ne recourant pas à des CSEh », témoignant par là d'un nouvel assouplissement des conditions.

Néanmoins cette évolution de la loi contribue à apporter une clarification. La position de la France qui a prévalu jusqu'en 2013 – interdiction de principe mais dérogation sous contrôle – était jugée illisible par nombre de scientifiques. Mais, comme le note le député Jean-Sébastien Vialatte¹⁷ (OPECST) qui résumé bien une dimension de fond du problème « il est moralement plus difficile pour un chercheur d'être dans l'interdiction avec dérogations que d'être dans l'autorisation » ... pour la raison que « maintenir l'interdiction donne aux chercheurs la responsabilité de cette transgression ».

3.2. Les arguments en présence

Interrogeons à présent les périmètres de la limitation imposée aux recherches sur les cellules souches embryonnaires par les lois de bioéthiques avant 2013 et les arguments mobilisés par les promoteurs de ces recherches.

3.2.1 Les arguments relatifs au « retard » en termes de recherche scientifique

Concernant le régime 2004 de la loi, Jean Léonetti alors Ministre de la Santé, président du comité de pilotage des EGB confie que lorsqu'il interroge les chercheurs, ceux-ci lui avouent ne pas avoir été gênés dans leurs recherches par les restrictions. Il est donc faux selon lui de dire que la loi actuelle empêche de faire de la recherche. Le professeur Philippe Menasché, tenta de son côté de faire valoir que l'interdit en vigueur assorti de dérogations sous conditions, s'il ne gênait pas l'avancée de leurs travaux, les pénalisait en les privant de reconnaissance dans la communauté scientifique internationale. En fait l'argument du retard se retourne contre ceux qui l'emploient en faveur de la recherche sur l'embryon car après la découverte des cellules iPS, la majorité des chercheurs dans le monde ont abandonné la recherche sur l'embryon humain. Pour certains, comme Jacques Testart¹⁸, la France est au contraire en train de prendre du retard dans la recherche sur les cellules iPS en s'obstinant à chercher sur l'embryon humain, notamment car les financements ne sont pas extensibles et l'argent investi dans l'embryon ne l'est pas dans les cellules iPS. Mais la question est complexe et il importe de s'entourer de différents points de vue. Si Axel Khan est pour sa part favorable à une autorisation encadrée des recherches sur l'embryon c'est avec un argument : « La médecine n'a progressé qu'en faisant de la recherche à tous les âges de la vie humaine. C'est dans ce cadre qu'il faut aborder la recherche sur l'embryon, en la rapprochant de la recherche sur la personne »¹⁹. Selon lui, s'il y a un âge de la vie humaine auquel il est interdit de mener une recherche, cela veut dire que l'on s'interdit de faire progresser à la fois les techniques, les connaissances et les soins à cet âge-là. Cet argument, s'il est partagé par la communauté scientifique, justifierait donc à lui seul la poursuite, voire la libéralisation, des recherches sur l'embryon.

3.2.2 Les arguments relatifs aux progrès thérapeutiques

¹⁷ Député UMP du Var, pharmacien-biologiste de formation.

¹⁸ Jacques Testart (directeur de recherche honoraire à l'Inserm) est le biologiste français qui a permis la naissance du premier bébé éprouvette en France en 1982. Il a participé à la création de la fondation d'une Science citoyenne, en faveur d'une « réappropriation démocratique » de la science.

¹⁹ *La Croix*, 8 février 2011.

Cette exigence des progrès thérapeutiques – impossible à avancer avec certitude – a longtemps été présentée par les promoteurs de la recherche sur l’embryon comme l’horizon majeur de leurs recherches. Mais les scientifiques et parlementaires qui faisaient miroiter les bénéfices thérapeutiques des CSEh pour le vote de la loi de 2004 ont reconnu l’absence de perspectives thérapeutiques de ces cellules, au lendemain même du vote de la loi de 2004. Le Pr. Fagniez, auditionné le 17 décembre 2008 par la mission d’information sur la révision de la loi de bioéthique, l’a exprimé de façon explicite²⁰. Mme Carine Camby, ancienne directrice de l’Agence de biomédecine, l’a également exprimé dans une audition du 10 décembre 2008 : « les chercheurs ont beaucoup joué là-dessus pour faire accepter par l’opinion ces recherches ». Alain Claeys, député du Parti Socialiste intervenant dans la consultation au titre de l’OPECST, militait dès lors pour l’abandon de la condition des progrès thérapeutiques majeurs. Selon lui, il y a eu, en 2004, « un emballement » sur les CSEh et il ajoute même « qu’il y a eu un dérapage, une grave erreur quand on disait que les essais thérapeutiques avec ces cellules souches étaient à portée de main ».

On voit là s’exprimer d’une certaine façon le problème que Kitcher (2010) [2], nomme de la *fausse croyance*, au sens où les raisons avancées – ici en faveur d’une autorisation des recherches sur les cellules souches – ont été présentées sous un faux jour par plusieurs scientifiques, aboutissant à une perception « distordue » de la réalité par le public mais aussi, certainement, par un certain nombre de délibérateurs.

3.2.3 Les arguments économiques

Le panel des Etats généraux du Forum régional de Marseille (2009) apprendra à cette occasion que les recherches sur l’embryon humain coûtent moins chères que celles sur les embryons de primates dans la mesure notamment où elles sont à la fois plus nombreuses et plus facilement disponibles. On peut dès lors imaginer que cet argument a pu intervenir, mais qu’il était plus stratégique pour les promoteurs de la recherche de mettre en avant l’argument précédent des progrès thérapeutiques, quand bien même ils le savaient peu fondé, en l’état des connaissances du moment.

Mais l’argument financier peut être envisagé dans une autre direction, celui des soutiens privés possibles au développement de ces recherches. Marc Peschanski²¹, autre scientifique également consulté, avait avoué en son temps que la loi (de 2004) posant un interdit de principe « ne gêne pas pour la recherche fondamentale ». Mais il ajoutait un autre argument qui ne manque pas de nous interpeller : « Les industriels ne veulent pas investir, car ils n’ont pas suffisamment de visibilité. Ils craignent de devoir revenir en arrière, au cas où une autorisation de recherche serait retirée »²². Ce type de craintes n’est sans doute pas étranger à l’attitude particulièrement offensive des partisans des recherches sur l’embryon pour obtenir la levée de toute interdiction, mais sur ce point également ils sont demeurés silencieux, comme si l’argument pouvait apparaître aux yeux de l’opinion « trop intéressé » et donc peu recevable. Cependant il semble avoir fait son chemin car il a sans doute été décisif dans le vote de la révision des lois en 2013 qui a débouché sur une autorisation sous condition des recherches sur les CSEh. En effet, peu avant le vote de la loi d’août 2013, la ministre de l’enseignement supérieur et de la recherche, Mme Fioraso, expliquait que sa promulgation permettrait à la France de rattraper son retard lié notamment, selon elle, à des procédures en justice intentées par la Fondation Jérôme-Lejeune contre une dizaine de décisions d’autorisation, arguant alors que, les grands laboratoires pharmaceutiques (Sanofi, Pfizer) souhaiteraient disposer de CSEh en grand nombre pour mettre au point ou tester des médicaments. A la clé donc, des brevets et des emplois

²⁰ Député UMP, chirurgien et Professeur des universités : « on savait, même si je disais le contraire avec beaucoup de conviction, que c’était complètement idiot. C’était idiot parce qu’on savait que ça n’avait pas de réalité ... Aucun n’avait d’autre idée que de faire progresser la connaissance... Il faut partir de l’idée que même si l’on ne trouve pas, et bien il faut travailler sur les cellules souches embryonnaire ».

²¹ Directeur scientifique de l’I-Stem (unité Inserm 861) au Génomole d’Evry.

²² *La Croix*, 29 novembre 2010.

potentiels. Si au final l'intérêt des scientifiques et surtout des financeurs semble avoir pesé dans l'orientation de la loi, celle-ci, comme nous allons le voir, a fait l'objet d'un long processus de consultation.

4. Le dispositif délibératif mis en place pour la révision des lois bioéthiques en 2011

Il importe de rappeler pour commencer qu'en France un article du code de la santé publique impose de faire précéder tout projet de réforme sur les problèmes éthiques d'un débat public. C'est là, le premier point en amont du processus de délibération. En aval, on trouve une mission de contrôle confiée à une agence présentée comme indépendante, l'Agence de Biomédecine. Nous revenons rapidement sur ces deux éléments qui constituent la clé de voute du dispositif mis en place puis nous tentons d'apprécier son efficacité sur le plan démocratique.

4.1. Deux éléments clés du dispositif délibératif

En préalable à la révision parlementaire de 2011, le président de la République en exercice a souhaité la tenue d'états généraux de la bioéthique (EGB) prenant la forme d'une consultation nationale des citoyens dont le pilotage a été placé sous la responsabilité d'un comité constitué de plusieurs membres²³. Ils se sont déployés à travers une diversité d'actions et supports dont notamment des rencontres et forums citoyens, un colloque national de clôture et des campagnes d'information sur un site Internet dédié.

La loi de bioéthique étant votée il a donc été confié à l'Agence de Biomédecine les missions d'une part de veiller aux aspects légaux et éthiques de la recherche sur l'embryon, d'autre part d'assurer le suivi, l'évaluation et le contrôle des projets de recherches dans ce domaine.

4.2. Regard sur le dispositif mis en place

Au premier abord le processus mis en place se présente potentiellement comme de ce que Kitcher a proposé de nommer une « démocratie éclairée ». Nous nous proposons de rappeler les éléments qui vont dans ce sens tout en repérant les biais qui subsistent et qui le rendent encore perfectible.

4.2.1 Un mode de consultation relativement conforme aux exigences démocratiques

En effet, les décisions sont prises par un groupe d'agents délibérateurs – les élus – informés (« éduqués » pour reprendre les termes de Kitcher) par des experts scientifiques. On peut concevoir a priori que l'information dispensée par ces derniers leur a permis de prendre conscience de la signification, épistémique et pratique, des recherches sur l'embryon. Par ailleurs on est en droit de penser qu'au travers des forums, colloques, rencontres régionales et nombreux débats parlementaires, ils ont pu se tenir informés des préférences éduquées des différents groupes qui composent la société française et échanger à propos de toutes les préférences exprimées. Notons que dans la période 2004-2011 les différents acteurs ont été engagés dans une séquence d'interactions relativement longue, laissant le temps à l'argumentation et aux tentatives d'élaboration d'une liste représentative des priorités attribuées à la recherche dans ce domaine et aux résultats auxquels elle peut contribuer.

²³ Mais il faut noter que la modification de la loi de bioéthique en 2013 ne s'est pas accompagnée de nouveaux états généraux de la bioéthique.

4.2.2 Des problèmes concernant l'agence de Biomédecine chargée des dérogations²⁴

Plusieurs observateurs notent une surreprésentation des médecins et biologistes [12] – certains ont donc une double casquette – au sein du Conseil d'orientation de l'ABM pour seulement deux philosophes, sachant qu'aucun anthropologue, ni sociologue ne participe aux travaux. Quant aux représentants des usagers présents ils ne seraient pas neutres dans les débats, comme l'Association Française contre les Myopathies qui finance la recherche sur l'embryon. On peut noter également que la majorité des 300 salariés et des 1000 experts de l'établissement appartiennent au milieu médical et scientifique ce qui ne va pas dans le sens d'une diversité de points de vue. De fait pour Jacques Testard, cet établissement est un « outil au service des biologistes et des médecins »²⁵. Il lui paraît anormal notamment qu'il ne soit pas possible d'assister aux débats du Conseil d'orientation²⁶ et que les comptes rendus de réunions ne soient pas délivrés, sous le motif du secret industriel. Problème de confidentialité, risque de pression sur ses membres ? C'est ce que disent également les chercheurs de Monsanto pour ne pas donner les résultats de leurs études quand elles sont défavorables aux OGM, fait-il remarquer. Et d'ajouter « cela revient à affirmer que l'on est dans le business, pas dans la santé publique. Que la recherche sur l'embryon est utile pour développer des brevets, pas pour soigner les malades ». Sans transparence, son rôle démocratique ne lui paraît pas valide. Pour Claude Huriet, ancien sénateur et spécialiste de ces questions, il faudrait pour le moins renforcer la participation citoyenne dans cette instance pour que l'on n'en reste pas à un débat entre chercheurs, médecins et patients.

4.2.3 Des représentants du peuple « éduqués » mais en prise avec leur électorat et leur parti politique

S'agissant d'élus représentant un électorat qui les a mandatés mais qu'ils savent volatil, l'étape du vote de la loi apparaît comme la plus délicate. On a bien vu ici que, malgré la diversité de points de vue – voire les clivages – qui traversaient les différentes familles politiques, celles-ci se sont à chaque fois rangées, au final, derrière la bannière de leur camp et conformément aux « préférences non éduquées » de leurs électeurs potentiels. C'est semble-t-il le cas en 2011 quand les députés sont revenus sur le feu vert délivré par le sénat à une autorisation encadrée de la recherche sur l'embryon ... à seulement quelques mois des élections. Mais de là à évoquer une « tyrannie de l'ignorant », pour reprendre une autre expression de Kitcher, il y a un pas que nous ne franchirons pas. Si plusieurs députés libéraux ont pu un moment être tentés par l'idée d'emboîter le pas de leurs collègues socialistes, peu les ont effectivement suivis jusqu'au bout. Force est de constater que de façon majoritaire, les élus de droite sont fondamentalement attachés au maintien de l'interdiction de principe, et ce au regard de leur attachement au respect de l'embryon. Le point de vue d'Hervé Mariton (UMP Drôme) sur ce point est tout à fait éclairant : « Nous n'avons jamais légiféré sur le fait que l'embryon est une personne mais, dans les faits, nous souhaitons nous écarter le moins possible de cette position » (Journal du Dimanche, 7 novembre 2010). Une position qui, selon lui, va au-delà des courants catholiques et marque encore une fois la césure droite-gauche. Au-delà des recherches elles-mêmes, elle porte sur le statut de l'embryon, véritable pierre d'achoppement du débat, avec en arrière plan les justifications pour une possible utilisation médicale, économique, scientifique.

²⁴ Une autorisation a été délivrée pour une cinquantaine de programmes de recherche sur l'embryon en 2008 (Rapport annuel ABM, 2008).

²⁵ « S'il se présente comme une instance de contrôle chargée d'encadrer les chercheurs et les praticiens, ses propositions vont toujours dans le même sens, en faveur de la « liberté de recherche » et de l'utilisation de l'humain ». *La Vie*, 21 octobre 2011.

²⁶ Lieu pourtant stratégique dans le processus de prise de décision, véritable comité d'éthique de l'agence qui étudie et délivre les autorisations.

5. Pistes pour un traitement didactique de la controverse sur les utilisations des CSEh

Parce qu'elle engage une diversité de connaissances, en partie non stabilisées, et des valeurs, une controverse comme celle des utilisations des CSEh peut être qualifiée, sur le plan didactique, de Question Socialement Vive (Chevallard, 1997 [6] ; Legardez & Simonneaux, 2006 [7]). Ces questions ouvertes, et médiatisées sont triplement socialement vives : elles font en effet l'objet de débats scientifiques, de débats de société et ont une vivacité scolaire pour les enseignants qui décident de les aborder en classe. Dans cette partie nous proposons de resituer les enjeux didactiques du traitement de la question des utilisations des CSEh et de discuter de certains objectifs de formation qui pourraient être développés.

Au delà des enjeux de motivation psychologique des apprentissages que revêt la question des utilisations des CSEh (travail sur la division et la différenciation cellulaire, sur les pathologies dégénératives), cette question constitue un exemple intéressant de formation socioépistémologique des élèves. En effet, l'analyse de l'évolution de la législation française relative aux utilisations de l'embryon humain illustre une dynamique de relations entre sciences et société. La construction de savoirs scientifiques (découverte des propriétés et des potentialités des CSEh, puis des iPS) fait en effet émerger des questions sociales nouvelles relatives à l'encadrement de ces recherches sur le plan éthique. Les contraintes juridiques qui pèsent sur ces recherches, différentes d'un pays à l'autre, pèsent sur l'orientation de ces dernières (recherche de voies alternatives par exemple). C'est pourquoi il apparaît essentiel d'envisager une question comme celle des utilisations des CSEh dans son épaisseur historique (la nécessité d'un encadrement des recherches biomédicales émerge après la seconde guerre mondiale pour s'affirmer dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle) et sociale (effets de contextes sociohistoriques) ; et c'est bien le sens du principe original de révision des lois bioéthiques. Loin d'être autonomes, les sciences s'inscrivent dans un espace social qu'elles contribuent à transformer, tout comme ce dernier les façonne. Cette question permet également de mettre à distance critique les sciences et les scientifiques qui sont des acteurs sociaux comme les autres, avec des intérêts propres et parfois divergents.

Mais le principal enjeu éducatif que nous retenons est celui de la préparation des élèves à une participation aux débats de société sur les choix scientifiques et techniques. Il s'agit de *former des personnes qui, informées sur les méthodes de recherche, sur leurs applications et éventuelles répercussions, soient capables de prendre des décisions argumentées lorsque les faits sont incertains et de participer aux débats* (Simonneaux, p 189) [8]. Parmi les différentes orientations de recherche sur l'enseignement des questions socioscientifiques identifiées par Sadler (2004) [9], nous retenons :

- l'argumentation socioscientifique, dont une première étape consiste à travailler la socioépistémologie de la QSV retenue,
- les modes d'utilisation et d'analyse critique de sources variées d'informations, dont les sources médiatiques.

L'argumentation socioscientifique est sans doute la question qui a donné lieu au plus grand nombre de travaux de recherche au cours de la dernière décennie. Nous proposons ici de nous focaliser sur les modalités didactiques qui permettent de travailler la socioépistémologie des QSV. Dans cette perspective, il est possible de mobiliser les outils de cartographie des controverses initialement développée par le sociologue des sciences B. Latour autour de la théorie de l'acteur réseau. Il s'agit d'identifier la diversité des « actants » (humains/non-humains) et leurs relations dans leur dimension matérielle (entre les choses) et sémiotique (entre les concepts), des arguments, discours, représentations qui sont des « traductions » (et qui ont des trajectoires), des relations, médiations, interactions qui forment les « associations », les « collectifs », les « alliances » entre actants, des espaces de discussion et leur dynamique spatio-temporelle (les alliances et les positions

des actants changent de territoires et évoluent chronologiquement). Nous avons ici tenté de réunir des éléments qui permettent d'ébaucher une telle cartographie en contexte sociohistorique. Des discussions sont en cours dans le champ de la didactique des QSV pour préciser comment adapter ce type de cartographie afin de travailler avec les élèves des objectifs éducatifs identifiés (Cancian & Simonneaux, 2014 [10] ; Pierce, 2015 [11]).

En ce qui concerne les objectifs éducatifs relatifs à l'utilisation de sources d'informations par les élèves, nous proposons de les envisager sous l'angle de l'éducation aux médias et par les medias, puisque, nous l'avons vu, les médias sont des acteurs incontournables des controverses socioscientifiques. Ces pistes ont fait l'objet de plusieurs travaux dans le champ didactique, mais essentiellement centrés sur l'évaluation de la qualité de l'information par les élèves (Jarman & McClune, 2002 [12] ; Ratcliffe & Grace, 2003 [13]). Nous reprenons pour notre part une recherche empirique menée auprès d'une trentaine de lycéens et de leur enseignante de biologie dans un lycée des quartiers Nord de Marseille et publiée par ailleurs (Molinatti & Simonneaux, 2012) [14]. Après une formation d'éducation aux médias caractérisée par l'analyse d'un corpus médiatique relatif aux utilisations des CSEh et la rencontre de spécialistes (un chercheur, un représentant politique, un journaliste scientifique), nous avons proposé aux élèves regroupés en quatre groupes éditoriaux de produire des supports de communication sur la question dans le cadre de la révision des lois bioéthiques de 2011. Nous voulions savoir comment des élèves communiquent sur la QSV en mobilisant leur compréhension critique des logiques médiatiques. Nous avons mené une analyse qualitative des supports de communication produits du point de vue du cadrage de la question, des arguments et de l'iconographie mobilisés, de la référence à différentes formes d'expertises et de l'identification éventuelle d'un public cible. Les productions des groupes éditoriaux apparaissent hétérogènes.

Le premier groupe éditorial a intitulé sa communication « Les secrets des CS ». Ce texte ne présente ni cadrage (pas de problématisation), ni iconographie. Il se présente comme une série de définitions autour des CSEh sans éléments d'argumentation sur la question de leurs utilisations. Il n'est pas signé, ni daté et le travail du groupe éditorial ne porte pas de trace de l'identification d'un public particulier.

Le second groupe éditorial a titré sa communication : « Les CSEh : une menace pour la vie ? ». Le cadrage utilisé est éthique et dans une certaine mesure juridique. L'argumentation renvoie essentiellement à des valeurs individuelles des élèves. Ces derniers ont choisi une iconographie scientifique (photographie de CSEh sans référence) et des dessins humoristiques. Leur proposition est signée mais n'est pas datée. Nous n'avons pas relevé de prise en compte de publics spécifiques.

La communication du troisième groupe éditorial a pour titre « Points de vue d'experts sur la révision des lois bioéthiques ». Il s'agit d'un cadrage éthique et juridique (présenté sous forme iconographique par une photographie de balance, symbole de justice) qui présente de manière informative les principaux points abordés par les experts (un scientifique, un représentant politique) qu'ils ont rencontrés. La production ne présente pas d'argumentation relevant des opinions des élèves qui constituent ce groupe. Elle est signée mais n'est pas datée et le travail éditorial a identifié un public local (Marseille) sans en préciser ses spécificités.

Le dernier groupe éditorial a intitulé sa communication « Utiliser ou tuer un embryon ? ». Le cadrage est clairement éthique. Les élèves argumentent sur le plan axiologique mais en présentant une diversité de points de vue (experts rencontrés, représentants religieux catholique, musulman) sans présenter leurs propres opinions. Ils illustrent leur production avec des iconographies scientifiques (embryon au premier stade de son développement) et avec des dessins humoristiques. Ces élèves ont signé et daté leur proposition mais nous n'avons pas trace de l'identification de publics spécifiques auxquels ils s'adressent.

Cette recherche nous amène à conclure que les capacités d'analyse critique des medias par les élèves sont en partie développées quand ils sont engagés à produire des communications sur une

question controversée telle que celle des utilisations des CSEh. Ainsi une partie d'entre eux proposent des textes de communication avec des cadrages spécifiques, argumentés, faisant référence explicite à des formes différentes d'expertise (essentiellement scientifique), traduisant ainsi une volonté énonciatrice d'être crédibles tout en signant leurs productions. Ils mobilisent par ailleurs une iconographie diversifiée qui, tout comme les titres utilisés, visent à capter des publics potentiels. Cependant ces publics ne sont pas identifiés dans leurs spécificités. D'une manière générale, les logiques médiatiques ne sont pas considérées dans le travail éditorial des élèves, même s'ils les ont travaillées en amont de la production de support de communication. Il en va ainsi des effets d'agenda (scientifiques, politiques notamment), comme des réseaux d'alliance entre différents acteurs, dans lesquels sont impliqués les médias en lien avec leurs modèles économiques. De plus les arguments des experts sont présentés, ce qui leur confère un statut d'autorité puisque les arguments des élèves eux mêmes sont rarement mis en perspective avec ces expertises. Ce qui fait de leur production des textes hybrides entre textes scolaires et journalistiques.

6. Conclusion

Pendant sept ans, de 2004 à 2011, c'est donc en France un double système qui fonctionne concernant les recherches sur les CSEh : une interdiction de principe régie par une loi et des dérogations via une validation de projets par un organisme d'État (l'ABM). Ce système, qui d'une certaine façon cherche à contenter les deux camps, est en réalité critiqué de toute part, perçu comme « incohérent » et « hypocrite ». Mais dans une vision plus positive, on peut imaginer que le but recherché est moins de contenter l'opinion et ses représentants que d'aboutir à une représentation la plus adéquate possible des préférences exprimées, et cela sans entraver complètement le travail des chercheurs. Si c'est le cas, c'est peut-être alors « le moins mauvais meilleur moyen » que l'on ait trouvé pour aboutir à un cadrage de la recherche sur l'embryon dans ce domaine où les positions, semblent incommensurables. Le point d'intersection paraissant inaccessible, on s'est orienté vers une solution qui juxtapose les préférences des deux camps faute de pouvoir les réunir sous un même ensemble cohérent et homogène de préférences collectives. Parvenir à cet idéal n'est pas impossible, mais demanderait encore plus de temps, un temps que ni les chercheurs, ni les industriels, ni les politiques ne souhaitent engager. Et, alors que beaucoup l'appellent de leurs vœux, la tenue d'un débat de fond sur le statut de l'embryon est toujours différée.

Dès lors comme l'école peut-elle se saisir de ce moment de délibération sur une question vive touchant au vivant ? En fait c'est l'éducation par les médias et aux médias qui peut apparaître comme un enjeu majeur. Sur le traitement des controverses socioscientifiques en classe les médias, comme nous l'avons vu, sont à la fois des acteurs des questions sciences sociétés, mais aussi des supports potentiels pour l'analyse socioépistémologique (cartographies) et pour l'analyse argumentative autour de ces controverses. Ce que nous avons dans cet article tenté de faire en dégagant des éléments de cartographie de cette controverse dans son contexte social et dans son épaisseur historique. Car l'enjeu éducatif essentiel que nous identifions dans le travail d'une controverse telle que celle des utilisations des CSEh est de développer l'esprit critique ou plutôt la rationalité critique des élèves (Freire, 1974) [14], c'est à dire leur capacité à se représenter la réalité et à mesurer le pouvoir qu'ils ont de la transformer, entre autre par la communication de leurs opinions dans l'espace public.

Références

1. G. Canguilhem, *Le normal et le pathologique* (Vrin, Paris, 1994 [1943]).
2. P. Kitcher, *Science, vérité et démocratie* (PUF, Paris, 2010).

3. F. Chateauraynaud, La contrainte argumentative. *Revue Européenne des Sciences Sociales*, **XLV-136**, 129- 148 (2007).
4. B. Bensaude-Vincent, *La science contre l'opinion. Histoire d'un divorce* (Seuil, Les empêcheurs de penser en rond, Paris, 2003).
5. G. Molinatti, *Discours de chercheurs autour d'une controverse scientifique*. RDST, **1**, 197-222 (2010).
6. Y. Chevillard, Questions vives, savoirs moribonds : le problème curriculaire aujourd'hui in *Actes du colloque Défendre et transformer l'école pour tous*, Marseille 3-5 octobre (1997).
7. A. Legardez, L. Simonneaux. (Coord.). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, (ESF éditeur, Paris 2006).
8. L. Simonneaux, L'argumentation dans les débats en classe sur une technoscience controversée. *Aster*, **37**, p. 189-214 (2003).
9. T.D. Sadler, *Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research*. Journal of Research in Science Teaching, **41**, p. 513-536 (2004).
10. N. Cancian, L. Simonneaux, *Des cartographies de la controverse sur l'usage des pesticides : un préalable à la révélation d'indicateurs des points de vue d'enseignants en agronomie et d'élèves en bac pro CGEA et en BTS APV. Les Cahiers d'Esquisse*, **5**, 94-101 (2014).
11. C. Pierce, *Learning about a fish from an ANT: actor network theory and science education in the postgenomic era*. Cultural Studies of Science Education, **10**, 83–107 (2015).
12. R. Jarman, B. McClune, *A survey of the use of Newspapers in Science Instruction by Secondary Teachers in Northern Ireland*. International Journal of Science Education, **24** (10) 997 – 1020 (2002).
13. M. Ratcliffe, M. Grace, *Science education for citizenship. Teaching socio-scientific issues* (Open University Press, Maidenhead – Philadelphia, 2003).
14. G. Molinatti, L. Simonneaux, Students Understanding of the Logics of the Media about Socioscientific Issue, *9th Conference of European Researchers in Didactics of Biology Institute of Biology Education*, Freie Universität Berlin – Germany, September 18 (2012).
15. P. Freire, *Pédagogie des opprimés* (Éditions Maspero, Paris, 1974 [1969]).