

Opinions et savoirs : positionnements épistémologiques et questions didactiques

> Yves GIRAULT

Muséum national d'Histoire naturelle, Patrimoines locaux (UMR 208, MNHN, IRD)

> Yann LHOSTE

Université de Caen-Basse-Normandie, école interne IUFM de Basse-Normandie, Centre d'études et de recherches en sciences de l'éducation (CERSE, EA 965) ; université de Nantes, Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN, EA 2661)

Introduction

Bernadette Bensaude-Vincent (2003) part d'une anecdote du *Théétète* pour présenter les « *deux modes d'être-au-monde* » qui caractérisent, pour Platon, les rapports entre science (*épistémê*) et opinion (*doxa*) qu'il distingue « *par la différence d'objets propres à chacune d'elles* » (Bensaude-Vincent, 2003, p. 15). C'est, selon elle, l'événement originaire de l'histoire d'une séparation entre science et opinion¹. Avant d'aller plus loin dans l'exploration des relations entre savoirs et opinions, il convient de préciser les différentes acceptions du terme opinion telles qu'elles sont présentées dans le *Dictionnaire historique de la langue française* : « *En français, opinion désigne le sentiment que l'on a de quelque chose, plus particulièrement la position intellectuelle adoptée dans un domaine donné (v. 1283). Il a signifié "hypothèse, théorie" (1314) avant d'être exclu du champ scientifique. Le sens initial ayant acquis une valeur collective, le mot, tout en conservant son acception psychologique individuelle, est entré dans les syntagmes modernes liberté d'opinion (1936) et journal d'opinion (xx^e siècle). L'usage courant lui donne aussi le sens de "jugement de valeur que l'on porte sur quelqu'un, quelque chose" (v 1265) [...] Dans un second groupe d'emploi, à partir du xvi^e siècle, opinion se réfère à l'ensemble d'idées, de jugements partagés par plusieurs personnes (1563), par une partie du groupe social, notamment dans des expressions comme opinion publique (1590), puis absolument (1762). Il est employé en*

¹ Cette anecdote concerne Thalès de Milet connu comme « fondateur » des mathématiques et de la physique : « *Il observait les astres et, comme il avait les yeux au ciel, il tomba dans un puits. Une servante de Thrace, fine et spirituelle, le railla, dit-on, en disant qu'il s'évertuait à savoir ce qui se passait dans le ciel et qu'il ne prenait pas garde à ce qui se trouvait devant lui, à ses pieds. La même raillerie s'applique à tous ceux qui passent leur vie à philosopher* » (Platon, *Théétète*, 174a-b). Bensaude-Vincent précise que « *par son rire, la servante marque la distance qui la sépare du savant-philosophe. L'anecdote dit la distance, le fossé d'incompréhension qui sépare la science (épistémê) de l'opinion (doxa)* » (2003, p. 14).

sociologie pour désigner le type de pensée sociale qui consiste à prendre position sur des problèmes d'intérêt général (1580) et, actuellement, l'ensemble des attitudes d'esprit dominantes dans une société » (Rey, 2000, p. 2467). Cette analyse historique du mot « opinion » met en lumière la polysémie possible de ce terme et donc la diversité des relations entre opinions et savoirs. Cela peut expliquer la diversité des contributions qui composent ce premier dossier de la nouvelle revue, *Recherches en didactique des sciences et des techniques*, qui se traduit par des références bibliographiques très diverses dans les articles qui le composent.

Pour ce qui concerne le sens du mot savoir, nous l'employons également dans diverses acceptions. Il est utilisé dans le cadre des travaux se référant à l'épistémologie historique dans une acception poppérienne, c'est-à-dire comme les habitants du monde 3 de Popper (Popper, 1991/1998, p. 182-183), le monde des contenus objectifs de pensée. Avec cette théorie des trois mondes, Popper insiste sur l'objectivité des savoirs. Ainsi, la connaissance objective « *sans sujet connaissant* » (*ibid.*, p. 185) s'oppose à une théorie de la connaissance subjective, c'est-à-dire « *celle qui repose sur les dispositions subjectives à intégrer psychologiquement et passivement des contenus à partir d'expériences sensorielles et identifiées comme des contenus de croyances* » (Robillard, 2004, p. 6). Par rapport à cette objectivité des savoirs, la connaissance est entendue comme la face subjective du savoir (Fabre, 1996, p. 70). Dans le cadre des travaux sur les QSV ou les *socio-scientific issues*² il semble bien difficile de définir en quelques lignes les spécificités des savoirs et des pratiques scientifiques retenues³ qui sont nombreuses d'autant plus que, comme le précise Albe (2009), « *les fondements épistémologiques sont le plus souvent implicites même si est largement présente l'idée de considérer les sciences comme des constructions sociales* » (p. 103). Enfin d'autres acceptions de ce terme nous semblent pertinentes, même si elles n'ont pas été convoquées par les auteurs. C'est le cas par exemple des savoirs naturalistes locaux qui font l'objet, depuis la conférence de Rio et la *Convention sur la diversité biologique* (1992), d'une attention toute particulière et pour lesquels se posent des questions didactiques spécifiques dans le cadre de la transmission de ces « savoirs locaux » d'une génération à l'autre.

Cette introduction a comme ambition de donner quelques repères pour aider au positionnement épistémologique des différents articles de ce dossier thématique et des différentes questions didactiques qu'ils posent. Nous présenterons également d'autres acceptions possibles d'opinions et de savoirs pour lesquelles nous n'avons pas reçu de proposition.

2 L'utilisation de ces termes sera explicitée dans la deuxième partie de cet article.

3 Nous définirons cependant quelques acceptions dans le paragraphe 1.2. Pour plus d'informations à ce sujet, cf. Pestre (2003)

1. Des positionnements épistémologiques...

1.1. Opinions et savoirs dans le cadre d'une épistémologie historique

L'épistémologie de Gaston Bachelard : rupture et obstacle

Plusieurs auteurs d'articles de ce numéro de RDST (Jean-Yves Cariou, Patricia Crépin-Obert, Michel Fabre, Julie Gobert) se réfèrent à une conception psychologique et individuelle⁴ du terme opinion et s'inscrivent dans le cadre de l'épistémologie historique de Bachelard pour envisager les relations entre opinions et savoirs.

Lorsque Bachelard (1938) fait référence au terme opinion, notamment dans *La formation de l'esprit scientifique* (ouvrage le plus cité – 5 fois sur les 8 articles de ce dossier) qui constitue, selon Dominique Lecourt, « *un ouvrage essentiellement pédagogique* » (1974, p. 57), il utilise ce terme pour « *idée première* », « *intuition* », « *interprétation spontanée* », « *connaissance commune* » qui animent les scientifiques confrontés à la recherche d'explications. Ainsi, chez Bachelard, le terme opinion ne doit pas être confondu avec celui d'opinion publique. Ce premier point est de nature à préciser le problème auquel s'attaque Bachelard, qui sera repris d'une façon différente par Canguilhem et tous ceux, nombreux, qui se reconnaissent comme ses élèves : Dominique Lecourt, François Dagognet, etc.

Le travail épistémologique de Bachelard se développe dans un contexte historique particulier : le développement des géométries non euclidiennes, de la théorie de la relativité non newtonienne, les débuts de la microphysique, etc. Ce moment du début du xx^e siècle lui apparaît comme une rupture dans l'histoire effective des sciences. C'est à partir de ces intuitions que Bachelard va construire « *une catégorie philosophique inédite* » (Lecourt, 1974, p. 21) : la catégorie « *du non* » (Bachelard, 1934/1940), qui le conduit à s'opposer à la fois à une conception continuiste de l'histoire des sciences et à une conception unitaire ou monolithique de la connaissance : « *l'esprit scientifique contemporain ne pouvait pas être mis en continuité avec le simple bon sens* » (Bachelard, 1953/2000, p. 207)⁵. En cela il s'oppose de façon radicale aux thèses réalistes de Meyerson, qui, postulant l'identité

4 Le terme « opinion » renvoie à une dimension individuelle dans le sens où ce sont les opinions mobilisées par un individu qui se confrontent à l'apprentissage d'un savoir, même s'il y a des récurrences des mêmes opinions que l'on retrouve quand différents individus s'attaquent à un même savoir. C'est bien une opinion individuelle mais pour autant cela ne veut pas dire qu'il n'y ait pas de récurrences ou de régularités car cela a bien à voir avec des façons de penser qui sont disponibles dans des cultures (le commun de la « *connaissance commune* »). En ce sens, l'opinion chez Bachelard a donc une dimension psychosociologique puisqu'il y a quelque chose de construit par l'histoire de l'individu.

5 Il ne faut pas comprendre « la philosophie du non » de Bachelard, comme une philosophie de la négation. Bachelard l'indique lui-même : « *la philosophie du non* [...] *n'est pas une philosophie de la négation. Elle ne détruit rien. Tout au contraire, elle consolide ce qu'elle déborde. La mécanique newtonienne reste valable dans sa sphère bien désignée d'application. Sa base était expérimentalement trop étroite ; son rationalisme apparaît maintenant comme une simplification. Des expériences ultra-précises ont exigé une désimplification du rationalisme* » (1972, p. 95-96).

de l'esprit humain, cherchait à « déduire » Einstein de Newton⁶. Bachelard oppose à la *Déduction relativiste* (Meyerson, 1925), *La valeur inductive de la relativité* (1929) : « on ne va pas du premier au second en amassant des connaissances, en redoublant de soins dans les mesures, en rectifiant légèrement les principes. Il faut au contraire un effort de nouveauté totale » (Bachelard, 1934/1984, p. 46).

C'est sur cette double base historique et épistémologique qu'il faut comprendre la notion de rupture dans l'œuvre de Bachelard (Lecourt, 1974, p. 23), ce qui lui permet de renvoyer Meyerson et Comte dos à dos⁷ « en refusant la continuité des démarches intellectuelles du sens commun et de la raison scientifique » (Canguilhem, 1968, p. 179). L'introduction du concept de rupture permet à Bachelard de construire une épistémologie qui refuse le positivisme, puisque le concept de rupture « détruit l'image linéaire du progrès scientifique par la remise en question d'une propriété postulée de la ligne droite de n'admettre qu'une parallèle menée par tout point pris en dehors d'elle » (Canguilhem, 1987, p. 444). C'est le concept de rupture qui permet à Bachelard d'envisager les relations entre opinions et savoirs. Ainsi, l'opposition, sans cesse rappelée par Bachelard, de la science et de l'opinion doit être comprise comme le refus d'une « homogénéité des formes de la connaissance – commune et scientifique » (Lecourt, 1974, p. 23). Ainsi, Bachelard n'oppose pas la science avec un grand S et l'opinion publique, mais la connaissance commune, vulgaire, immédiate à la connaissance scientifique : « le progrès scientifique manifeste toujours une rupture, de perpétuelles ruptures entre connaissance commune et connaissance scientifique » (Bachelard, 1953/2000, p. 207). Cela lui permet de mettre en avant la différence de nature entre la connaissance commune et la connaissance scientifique : là où la connaissance commune isole et naturalise des choses, des objets, la connaissance scientifique est un processus qui permet la construction d'un système au sein duquel les concepts scientifiques sont en liens les uns avec les autres : « en toutes circonstances, l'immédiat doit céder le pas au construit » (Bachelard, 1940/2005, p. 144). Ainsi, pour Bachelard, il y a une rupture entre la connaissance scientifique et la connaissance commune : la connaissance scientifique a un caractère nécessaire puisqu'elle est fondée en raison par un processus permanent de reprise, de modification, de rectification⁸. Il ne s'agit pas d'une raison de fait, mais d'une raison polémique, Canguilhem parle, à propos du rationalisme de Bachelard, « d'un engagement pour la rationalité de la raison contre sa propre tradition » (Canguilhem, 1972, p. 5). Ainsi, comme le rappelle Rumelhard, la connaissance scientifique « a une fonction polémique car elle évince des croyances métaphysiques, morales, religieuses, politiques qui se présentaient comme des explications vraies » (1997, p. 14). Bachelard ne cesse de dire qu'il ne faut pas ignorer, mais retravailler les opinions et qu'il faut nécessairement s'appuyer

6 De la même façon, Newton ne peut être mis en continuité avec la connaissance commune.

7 Alors que Meyerson s'oppose lui aussi au positivisme de Comte.

8 « La pensée rationaliste ne "commence" pas. Elle rectifie. Elle régularise. Elle normalise » (Bachelard, 1949/1998, p. 112).

sur elles pour les rectifier. C'est cette différence de nature entre savoir et opinion qui est étudiée dans les articles de Patricia Crépin-Obert qui cherche à comprendre comment des élèves peuvent construire un « *savoir paléontologique raisonné* » et de Julie Gobert qui analyse ce passage d'une opinion à une connaissance scientifique d'élèves de 1^{re} S sur le concept de développement embryonnaire.

La construction d'une connaissance scientifique est vue par Bachelard comme un processus de rectification, de réorganisation⁹ de la base au sommet qui implique le « *primat théorique de l'erreur* » (Canguilhem, 1957) : « *il ne saurait y avoir de vérité première, il n'y a que des erreurs premières* » (Bachelard, 1970). Bachelard considère ce travail de rectification, de réorganisation comme constitutif du travail scientifique, il en conclut logiquement que l'opinion, la connaissance commune « *a en droit toujours tort* » (Bachelard, 1938/1996, p. 14) et c'est bien dans ce sens qu'il faut comprendre cette citation, reprise par Grégoire Molinatti dans son article. C'est à cet axiome que le concept d'obstacle épistémologique est lié. La fonction de l'obstacle épistémologique est de « *combler la rupture entre connaissance commune et connaissance scientifique* », ainsi « *il fonctionne à rebours du Non* » et « *rétablit la continuité menacée par le progrès de la connaissance scientifique* » (Lecourt, 1974, p. 27). Les obstacles épistémologiques ne sont donc pas des difficultés externes au savoir qu'il conviendrait de surmonter, mais ils prennent leur source dans la pensée elle-même. Les opinions sont généralement stabilisées en profondeur par des obstacles, ce qui implique que lors de la construction des savoirs scientifiques, « *quelque chose de la pensée a à être détruit, ou du moins démonté sur le mode psychanalytique, pour que celle-ci puisse advenir* » (Peterfalvi, 2001, p. 32). Bachelard indique que la place de l'obstacle dans le processus de connaissance est variable : soit il surgit « *au moment de la constitution de la connaissance, ou à un stade ultérieur de son développement, une fois qu'elle est déjà constituée comme connaissance scientifique. Dans le premier cas, on dira qu'il s'agit d'une "contre-pensée", dans le deuxième cas d'un "arrêt de pensée"* » (*ibid.*). La mise à jour du fonctionnement des obstacles épistémologiques dans les processus d'apprentissage est au cœur des investigations didactiques présentées dans cet ouvrage par Jean Yves Cariou, Patricia Crépin-Obert et Julie Gobert.

Bachelard décrit le processus de construction d'une connaissance scientifique qui met les opinions et les obstacles au travail comme une dialectique (une nouvelle conception de la dialectique) entre un rationalisme appliqué et un matérialisme rationnel¹⁰ ou, pour le dire autrement, comme un « *processus d'ajustement réciproque de la théorie et de l'expérience* », « *ajustement non comme adéquation formelle, mais comme processus historique* » (Lecourt, 1974, p. 29). C'est à travers l'introduction de la dialectique entre théorie et expérience que Bachelard mobilise le concept

9 « *On n'organise rationnellement que ce que l'on réorganise* » (Bachelard, 1972, p. 50).

10 « *Quel que soit le point de départ de l'activité scientifique, cette activité ne peut pleinement convaincre qu'en quittant le domaine de base : si elle expérimente, il faut raisonner ; si elle raisonne, il faut expérimenter.* » (Bachelard, 1934/1984, p. 4).

de phénoménotechnique en montrant que la science moderne est une science qui crée des phénomènes (effet Zeeman¹¹, effet Stark, etc.) qui n'existent pas en dehors des instruments qui permettent de les faire apparaître. D'où l'importance de l'instrumentation scientifique qui constitue « *les nouveaux organes que l'intelligence se donne pour mettre hors du circuit scientifique les organes des sens en tant que récepteurs* » (Canguilhem, 1968, p. 191). C'est en ce sens que « *la véritable phénoménologie scientifique est donc bien essentiellement une phénoménotechnique. [...] Elle s'instruit parce qu'elle construit* » (Bachelard, 1934/1984, p. 17). Le rôle déterminant des instruments dans l'activité scientifique permet à Bachelard de montrer la nécessité de prendre en compte l'état de la technique (et son histoire) pour penser l'histoire d'une science. De ce fait, l'activité scientifique a un caractère éminemment social : « *la science pure, c'est une science qui tout de même est socialisée. Elle appartient à la psychologie de ce que j'appelle [...] une cité scientifique : la société scientifique dans nos sociétés actuelles* » (Bachelard, 1972, p. 54). C'est par l'introduction d'une dimension sociale dans l'activité scientifique que l'on peut passer, dans le cadre d'une épistémologie historique, de la dimension individuelle et psychologique de l'opinion à une dimension collective (l'opinion publique). Ainsi, et comme nous le précisons dans les lignes qui suivent, le rapport opinion/savoir renvoie aussi aux liens sciences - sociétés.

C'est à propos de cette dimension sociale de l'activité scientifique présentée par Bachelard que le courant d'une approche sociologique des sciences souligne une limite à l'épistémologie bachelardienne, notamment pour comprendre les relations entre sciences et sociétés. Une telle critique est explicitée par Bensaude-Vincent qui dénonce l'invention par Bachelard d'une société dont la science a besoin, une société « *en marge de la société sociale, [...] collectif d'esprits bien formés, purifiés, aseptisés, vidés de toute trace d'opinion, d'intérêts, d'affectivité. Deux mondes hétérogènes, face à face, incommensurables* » (2003, p. 178). Mais précisons que Bachelard ne se pose pas en sociologue de la connaissance, mais décrit, en épistémologue, le fonctionnement « idéal » de la cité scientifique, c'est-à-dire ce qui la distingue des autres communautés humaines avec ses jeux de pouvoirs, de recherches de financements... Bachelard tente ainsi de cerner la spécificité épistémologique de la cité scientifique, ce qui fait qu'il y a production de savoir et non uniquement de pouvoir, d'idéologie, et pour cela il insiste sur son dynamisme créateur et l'importance d'adopter un point de vue normatif (cf. note 3). Il est intéressant de souligner l'intérêt de cette perspective épistémologique, que la sociologie de

11 Lorsqu'on excite un gaz atomique peu dense (par fort chauffage ou avec des décharges électriques), les électrons peuvent accéder à des états d'énergie plus élevée que leur état de repos (ou fondamental). Les électrons excités, en retournant à leur état fondamental, perdent cette énergie en émettant de la lumière, de longueur d'onde correspondant exactement à l'écart d'énergie entre les niveaux. Le spectre d'émission d'un gaz reflète donc l'étagement des niveaux d'énergie accessibles aux électrons des atomes. En présence d'un champ magnétique, les raies du spectre, et donc les niveaux d'énergie, se subdivisent : c'est l'effet Zeeman. Sébastien Descotes-Genon, université Paris-Sud 11.
Disponible sur Internet : <<http://www.cnrs.fr/sciencespour tous/abecedaire/pages/zeeman.htm>>.

la science conteste, mais dont elle ne peut finalement se passer, ne serait-ce que pour marquer la distance entre un fonctionnement effectif et un fonctionnement idéal. On retrouve ici une approche qui est développée, dans ce dossier de RDST, par Michel Fabre quand il propose une « *éducation au discernement* ».

Si cette limite de l'épistémologie bachelardienne est partagée par des continuateurs du travail de Bachelard (Canguilhem, Lecourt, Foucault), ces derniers emprunteront une voix différente de celle suivie par les tenants du courant des *sciences studies* que nous présenterons à la section 1.2. Ainsi, Lecourt postule, à la suite de Canguilhem¹² « *la nécessité pour construire le concept d'une histoire des sciences, de la référer à une théorie des idéologies et de leur histoire* » (1974, p. 35), c'est cette avenue de recherche qu'emprunteront Canguilhem et Foucault pour prolonger l'épistémologie bachelardienne.

Canguilhem, philosophe, historien de la médecine et des sciences biologiques

Le travail de Georges Canguilhem prolonge, dans le champ des sciences de la vie, le travail de Bachelard¹³, tout en le faisant évoluer, notamment sur la prise en compte d'une histoire des idéologies pour comprendre le fonctionnement des obstacles dans la construction d'un concept scientifique ; cela peut expliquer pourquoi les références à Canguilhem sont les plus nombreuses dans les articles de ce dossier de RDST¹⁴.

Dans *La connaissance de la vie*, Canguilhem (1965) montre, à travers la construction de la théorie cellulaire, comment le terme cellule peut véhiculer avec lui des valeurs sociologiques et politiques : « *des valeurs sociales et affectives planent sur le développement de la théorie cellulaire* » (Canguilhem, 1965, p. 62). Ainsi Canguilhem explique en quoi la pensée politique française du XIX^e siècle (La France est alors en conflit latent avec l'Allemagne) s'est constituée en obstacle au courant vitaliste français de l'école de Montpellier dont le vitalisme s'accordait bien avec la tradition romantique allemande (*ibid.*, p. 63). À partir d'une généralisation de cet exemple, Lecourt précise que « *les transformations-déformations d'un concept ne sont, en dernière analyse, que l'indice de la reformulation constante du problème dans des champs théoriques différents, sous l'effet de déterminations idéologiques diverses, voire contradictoires* » (1974, p. 81). Canguilhem parle d'un encadrement culturel ou d'un statut social de la science, pour montrer que l'activité scientifique n'est pas le produit d'une pure logique, mais qu'elle s'inscrit à l'intérieur d'une formation sociale traversée par des valeurs idéologiques et des tensions entre ces valeurs (*ibid.*, p. 73). On comprend alors comment, à la suite de Bachelard, les outils épistémologiques

12 « *L'histoire des sciences devrait inclure une histoire des idéologies scientifiques reconnues comme telles* » (Canguilhem, 1981, p. 38).

13 La thèse de philosophie de Canguilhem – *La formation du concept de réflexe au XIX^e et XVIII^e siècle* – a été dirigée par Bachelard.

14 On peut recenser 15 références à Canguilhem faites dans 6 articles (sur 8 présentés) dont quatre d'entre eux font référence à *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*.

de Canguilhem (condition de possibilité, idéologie, norme et normativité) vont permettre d'affiner la compréhension des relations entre opinion (entendue dans une dimension collective) et savoir. Ainsi, le courant de l'épistémologie historique a construit des concepts permettant d'analyser les relations sciences / sociétés (notamment par l'intermédiaire de la technique, *cf. infra*) dans un autre cadre que celui construit par le courant de la sociologie des sciences. Nous allons préciser ces apports en tentant de montrer en quoi ils permettent de comprendre les relations opinions / savoirs à travers les relations sciences / sociétés.

L'intrication entre science et idéologie est au cœur de l'article de Guy Rumelhard dans ce numéro de *RDST*, qui prolonge par de nombreux aspects ses précédentes contributions à la revue *Aster* (Rumelhard, 1998, 2000, 2005). Il s'interroge sur les différentes fonctions des idéologies scientifiques dans le traitement de questions, comme celle de l'eugénisme, des relations entre génétique et racisme, ou encore celle du concept de réflexe à l'école. Guy Rumelhard précise que « *l'enseignement scientifique doit inclure une analyse des idéologies pour ne pas se dégrader lui-même, pour ne pas se dogmatiser, se transformer en idéologie* ». Castéra et Clément, dans leur article, s'intéressent également à l'interaction entre connaissances et valeurs dans les conceptions d'enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains. Ils s'appuient sur les travaux de Canguilhem pour qualifier d'idéologie, au sein des sciences de la vie, le fait de réduire des phénomènes complexes au seul déterminisme génétique ou moléculaire.

Du point de vue épistémologique, l'un des apports de Canguilhem concerne la notion de « *condition de possibilité* » de construction de certains concepts scientifiques, notion reprise dans ce dossier par Julie Gobert. Canguilhem, même s'il n'en fournit jamais une définition précise, y fait référence dès son premier ouvrage épistémologique majeur : « *on est plutôt porté à se demander ce que doit enfermer une théorie du mouvement musculaire et de l'action des nerfs pour qu'une notion, comme celle de mouvement réflexe, recouvrant l'assimilation d'un phénomène biologique à un phénomène optique, y trouve un sens de vérité, c'est-à-dire d'abord un sens de cohérence logique avec d'autres concepts* » (1955, p. 5-6). Ainsi, les conditions de possibilité peuvent recouvrir tout autant des conditions intellectuelles (qui renvoient chez Foucault à une *épistémè*) et/ou techniques¹⁵ qui permettent l'émergence de nouveaux concepts¹⁶. C'est bien un fil rouge du travail de Canguilhem, que l'on retrouvera chez Foucault, de « *se concentrer sur les conditions d'apparition des concepts, c'est-à-dire, en définitive, sur les conditions qui rendent*

15 Canguilhem indique ainsi trois conditions de possibilité de la chimiothérapie : « *une nouvelle symbolisation des choses chimiques, une nouvelle technique substituant l'extraction de substance à la production de produits* » et la découverte de la sérothérapie (1981, p. 72). Deux relèvent de la mise en œuvre de techniques nouvelles et l'une renvoie à la mise à disposition de certains outils intellectuels.

16 Il convient d'indiquer que, pour ces deux auteurs, les conditions de possibilité ne sont pas nécessairement des conditions préalables à l'émergence des concepts, puisqu'elles peuvent apparaître en même temps que se forge le concept scientifique.

le problème formulable » (Lecourt, 1974, p. 78-79). D'où une deuxième précision déterminante de l'apport de l'épistémologie de Canguilhem à celle de Bachelard, qui concerne la relation très étroite que Canguilhem construit entre concept et problème. Comme le rappelle Macherey, « *définir le concept, c'est formuler un problème* » (1964/2009, p. 54), l'important étant alors de reconnaître « *la persistance du problème au sein d'une solution qu'on croit lui avoir donné* » (Canguilhem, 1966/2005, p. 40). Cette relation étroite concept-problème est un élément important du cadre théorique développé par Jean-Yves Carou. Cette relation est constitutive du cadre de la problématisation développé par Michel Fabre (2009) et Christian Orange (2002, 2005), dans lequel s'inscrivent les recherches présentées dans ce numéro par Michel Fabre, Patricia Crépin-Obert et Julie Gobert.

Un autre apport des travaux de Canguilhem mérite d'être relevé pour positionner certains articles du numéro qui portent sur les relations sciences-société. Plusieurs articles de ce numéro traitent des questions opinions / savoirs à travers le couple sciences / société, ce que rend possible la polysémie du terme opinion. Canguilhem envisage les relations entre sciences et sociétés à travers le rapport sciences – techniques et le concept de norme travaillé principalement dans *Le normal et le pathologique*. Comme le rappelle Jean-François Braunstein, « *le thème de la technique est au cœur des premiers travaux de Canguilhem* » (2000, p. 18), il prolongera d'ailleurs cette réflexion à partir de ses travaux sur la médecine qui constitue « *une technique ou un art au carrefour de plusieurs sciences, plutôt qu'une science proprement dite* » (Canguilhem, 1966/2005, p. 7). Contre la fameuse maxime positiviste « *science d'où prévoyance, prévoyance d'où action* » (Comte, 1830, vol. I, p. 50), Canguilhem envisage un développement de la science et de la technique sur des plans différents. Sciences et techniques établissant entre-elles des relations dialectiques qui ne peuvent se simplifier en un applicationnisme réducteur : sciences et techniques sont « *deux types d'activité dont l'une ne se greffe pas sur l'autre, mais dont chacune emprunte réciproquement à l'autre tantôt des solutions, tantôt des problèmes* » (Canguilhem, 1965, p. 125). À partir de plusieurs exemples, Lecourt prolonge la réflexion de Canguilhem et montre que « *c'est en réalité la technique qui est première sur la science* » (2008, p. 71), « *la science intervient après coup. Ayant pris pour objet les difficultés techniques rencontrées par les ingénieurs, elle put en rendre compte théoriquement, puis servir à développer la puissance des machines* » (Lecourt, 1997, p. 88)¹⁷. Cette « *conception erronée* », selon Lecourt, des relations entre science et technique, dont l'une des conséquences est la formation du concept de technosciences¹⁸, ne sert qu'« *à mettre la science en accusation* » (Lecourt, 2003, p. 84)¹⁹. Renvoyant dos à dos les biocatastrophistes et les technoprophètes (tenant d'une

17 La science « *est le travail réducteur suscité par les échecs de la puissance créatrice* » qu'est la technique (Canguilhem & Planet, 1939, p. 175-176).

18 Concept introduit par Jürgen Habermas (1973).

19 Dominique Lecourt et Michel Foucault attribuent une dimension politique aux obstacles, ce qui les conduit à dénoncer le gouvernement des hommes, les fausses sciences de l'homme.

conception positiviste et scientifique), Lecourt développe la thèse d'un « *enracinement de l'activité technique dans le débat du vivant avec son milieu* » (*ibid.*, p. 85), ce qui lui permet de montrer que la technique joue un rôle déterminant dans le processus d'individuation de chacun. Par cette réflexion, Lecourt continue, à la suite de Canguilhem, de « *faire le pari que la philosophie [...] peut nous encourager à refuser aussi bien la platitude de la pensée sans profondeur temporelle que la fascination métaphysique de l'abîme* » (2009, p. 14). Michel Fabre s'inscrit dans cette perspective lorsqu'il propose, dans ce numéro de RDST, un « *bon usage des sujets controversés qui sont là pour nous réveiller de notre sommeil dogmatique* ». Pour cela, il prône le développement de l'esprit de discernement qui passe par l'apprentissage de la distinction des différents jeux de langages mêlés dans les pratiques sociales liées aux questions scientifiques et technologiques afin de pouvoir « *leur assigner leur domaine de validité* ». Cette problématique des relations entre science et technique est abordée par Virginie Albe et Adel Bouras dans ce numéro autour de la question des nanotechnologies, mais dans un autre cadre théorique. En s'appuyant sur les travaux de Larochelle, Désautels, Pépin (1994), ces auteurs tentent de dégager l'évolution des tendances (avant et après enseignements sur les nanotechnologies) des points de vue épistémologiques sur les rapports sciences et technologie de six étudiants en maîtrise de génie mécanique et de génie électrique en Tunisie.

Le dernier point que nous souhaitons aborder, toujours dans la perspective canguilhemienne des relations entre science et technique, c'est le concept de norme. Canguilhem élabore le concept de normal pour répondre au problème des relations entre l'histoire de la thérapeutique et celle de la physiologie. En opposition à une conception positiviste quantitative selon laquelle le normal correspondrait à une moyenne statistique qu'il conviendrait de restaurer en situation pathologique, Canguilhem établit que la caractéristique du normal est d'être normatif, c'est-à-dire promoteur de ses propres normes. Macherey résume la thèse principale de « *Le normal et le pathologique* » de la façon suivante : « *ce n'est pas la vie qui est soumise à des normes, celles-ci agissant sur elle de l'extérieur ; mais ce sont les normes qui, de manière complètement immanente, sont produites par le mouvement même de la vie* » (Macherey, 1993, p. 288). À partir de cette propriété du vivant qui lui permet de réviser la notion de santé et de maladie, Canguilhem dans la reprise de ses travaux va se demander si le fait « *de penser la norme sur fond de normativité plutôt que sur fond de normalité, peut être étendu du vital au social* » (*ibid.*, p. 292). C'est dans cette optique que Grégoire Molinatti va interroger, dans ce dossier de RDST, les interactions entre « *normes scientifiques* » et normes sociales dans les discours de chercheurs consultés dans le cadre de débats avec des lycéens sur les utilisations des cellules souches embryonnaires humaines. Cette question rejoint celle par laquelle nous avons commencé cette section, à savoir l'intrication des relations entre science et société.

Conclusion

Avec Bachelard, Canguilhem et Foucault, on se situe dans une épistémologie du concept, où ce que l'on cherche à comprendre, c'est la façon dont les concepts scientifiques ont été historiquement construits. D'un point de vue didactique cela peut nous donner des pistes pour réfléchir aux conditions de possibilité pour permettre à des élèves de construire des concepts scientifiques à partir de leurs représentations qui actualisent, en contexte scolaire, certaines opinions ou connaissances communes.

On voit que la mise au travail des concepts de l'épistémologie historique, permet à partir de la rupture inaugurale bachelardienne, de penser une dialectique entre rupture et continuité : la connaissance scientifique est en rupture avec l'opinion, la connaissance commune, mais il existe une continuité des problématiques. De la même façon, les relations science/société sont également envisagées dans une conception dialectique d'indépendance et d'interdépendance, ce qui permet aux continuateurs de Bachelard et de Canguilhem, comme Dominique Lecourt, de penser les questions scientifiques socialement vives avec les concepts de l'épistémologie historique (Lecourt, 1990, 2009).

Comme le rappelle, Anne-Marie Moulin, c'est par rapport à cette dialectique de rupture et de continuité que « *la sociologie des sciences apparaît à la fois comme insuffisante et indispensable* » (1993, p. 126). Moulin (*ibid.*) précise alors la position de Canguilhem qui refuse à la fois une approche strictement internaliste de la science et une approche uniquement externaliste (la science vue comme un produit de la société comme un autre) de celle-ci.

C'est un autre positionnement épistémologique que développe le courant des *sciences studies*, que nous allons présenter maintenant. Cette autre approche va conduire à construire le problème des relations sciences/sociétés/opinions d'un autre point de vue, ce qui permet de développer un autre cadre théorique pour envisager ces relations.

1.2. Opinions et savoirs dans le cadre des sciences sociales

Les chercheurs qui développent cette approche partent du constat d'une modification profonde du statut des sciences au xx^e siècle. « *L'idée d'une Science objective fondée sur l'idéal du tiers exclu, du "savant" qui s'abstrait de l'objet de son étude, a volé en éclats au moins au début du xx^e siècle, en particulier avec la physique quantique et le principe d'incertitude d'Heisenberg. L'implication (qu'il le revendique ou non) du scientifique dans son objet fait également que les connaissances produites sont situées, intersubjectives et résultent aussi de compromis entre leurs auteurs et entre ces derniers et les institutions qui les commanditent* »²⁰. Dominique Pestre défend pour sa part l'idée que « *durant les trois dernières décennies s'est mis en place un nouveau régime de production, d'appropriation et de régulation des*

20 Claude Vautier (2007).

sciences en société, un régime en rupture profonde avec l'histoire du siècle et demi qui précède »²¹ qui a pour conséquence de bouleverser les rapports sciences/sociétés. Pour mieux comprendre l'évolution de ces rapports, d'une part, et des rapports chercheurs/publics, d'autre part, nous allons rappeler quelques étapes importantes de l'évolution du courant des *Public Understanding of Science* (PUS).

L'apport du courant des *Public Understanding of Science* (PUS)

John D. Miller (1992), au sein du premier numéro de la revue *Public Understanding of Science*, dans la rubrique « Launch perspectives », propose un bref état de la question sur trente ans de recherche en PUS. Il fait tout d'abord référence à une enquête commanditée auprès de Davis (Davis, 1958) par la *National Association of Science Writers* et la Fondation Rockefeller²². Il s'agissait alors de percevoir auprès de 1900 adultes américains la nature des attentes du public envers la vulgarisation scientifique. Les questions, qui portaient principalement sur les attitudes envers la science et la technologie (favorable, complaisante, ambiguë, réservée, critique, etc.), étaient complétées par quelques tests de connaissances sur la compréhension du principe de vaccination.

À partir de 1972, sont publiés les rapports d'enquêtes bisannuels, les *Science Indicators*, destinés au congrès américain. Un chapitre de ces rapports porte sur les attitudes des publics envers la science et la technologie. Percevant un climat de réticence chez certaines franges de la population à l'égard des politiques de recherche scientifique et donc de leur financement, et suite à certaines critiques méthodologiques formulées par *The Social Science Research Council* (SSRC), le *National Science Board*, en tant que comité scientifique de la *National Science Foundation* (NSF) aux États-Unis, promeut, à partir de 1979, une deuxième série d'enquêtes statistiques pour mieux connaître la façon dont le public perçoit la science : intérêt et attitude à son égard et nature des controverses notamment sur l'énergie nucléaire²³. Miller va proposer le concept d'« *issue attentiveness* », qui provient des sciences politiques et qui propose une typologie des publics selon leur intérêt pour la politique scientifique et technologique et selon que les individus s'estiment bien informés ou non sur ces questions. À partir de 1979, furent également introduits des items sur l'acquisition de connaissances spécifiques, ce qui permit à Miller (1983) d'évaluer « *the scientific literacy* » soit la qualité de la vulgarisation scientifique²⁴. Cette première étude lui permit de spécifier ce qu'il entendait sous le vocable de « *scientific literacy* », celle-ci regroupe trois aspects :

21 <<http://erstu.ens-lsh.fr/spip.php?article192>>.

22 Voir également à ce sujet : Lewenstein (1992).

23 Selon cette étude en 1979 environ 20 % de la population adulte américaine était très intéressée par les sciences et technologies, 20 % avait un certain intérêt, et le reste soit 60 % n'avait aucun intérêt à ce sujet.

24 John D. Miller est un acteur central de la recherche en PUS et du courant de l'alphabétisation scientifique en particulier. Il fonde son discours sur des nombreuses publications et des concepts qu'il a proposés. Globalement son travail se retrouve dans le « *current agenda* » une approche basée sur le modèle du déficit de connaissance. Cf. notamment : Miller, J.D. (1983 a, b) (2003).

- l'appropriation du vocabulaire scientifique et des concepts ;
- la compréhension des processus de la science ;
- la conscience des impacts de la science sur les individus et la société.

Ceux-ci furent évalués dans les études qui suivirent en 1985, 1988 et 1990 et dans d'autres pays : Angleterre (1988)²⁵, Canada (1989), Europe (1989), Nouvelle Zélande (1990). Cette méthode, initiée sous l'impulsion de John Miller, s'est largement développée depuis 1992 en Europe avec les Eurobaromètres, puis en URSS (1996), en Chine et au Japon (2001), Inde et Malaisie (2004), au Canada (2005) et en Corée (2006).

Ces travaux font l'objet de nombreuses critiques au niveau méthodologique : questionnement fermé, choix restreint des sujets abordés traduisant les préoccupations, les conceptions dominantes au sein des experts et des pouvoirs politiques à l'origine de ces enquêtes (Irwin, 2001). Si l'un des intérêts majeurs de ce genre d'enquêtes est leur réalisation à très grande échelle, dans des pays de langues et de cultures différentes, on peut estimer qu'il existe un biais important lié à des difficultés de traduction et/ou d'interprétation de certains termes variant d'une langue à l'autre (Cheveigné, 2004). Sans s'apparenter totalement à ce courant, nous retrouvons, au niveau méthodologique, des aspects très similaires dans la contribution de Jérémy Castéra et Pierre Clément dont le travail s'insère dans un large projet de recherche (BIOHEAD-Citizen) visant à voir, dans le cadre d'une approche comparative regroupant 19 pays (du nord de l'Union européenne jusqu'au Maghreb plus le Liban et le Sénégal), comment sont enseignés des thèmes sensibles comme l'éducation à la santé, l'évolution, l'éducation à l'environnement²⁶. De façon plus précise, cet article fait référence à l'étude des interactions entre connaissances scientifiques et valeurs dans les conceptions de 732 enseignants français sur le déterminisme génétique de comportements humains. Ce travail basé initialement sur un questionnaire constitué de 168 items, ne reprend que les réponses aux 31 items relatifs au thème « génétique humaine », parfois croisées avec des paramètres individuels.

Une autre critique sur les *Science Indicators* est formulée par Wynne (1992) qui regrette le fait que certains apports des *Science and Technology Studies* (STS) ne soient pas suffisamment pris en compte, au sein de la « *scientific literacy* » et notamment la compréhension des processus de la science et la conscience des impacts de la science

25 Dès 1985, la *British Association for the Advancement of science* en collaboration avec la *Royal Society* et la *Royal Institution* ont créé le *Committee for the Public Understanding of science*.

26 Jérémy Castéra et Pierre Clément précisent dans leur article que « le questionnaire a été construit par un travail collectif de deux ans, en prenant les précautions méthodologiques nécessaires à sa validation : pré-test, test de stabilité des réponses, entretiens complémentaires, analyse des réponses à un test pilote puis choix des questions discriminantes ».

sur les individus et la société²⁷. Il conclut que les *Science Indicators* se focalisent trop souvent sur un point : l'appropriation du vocabulaire scientifique et des concepts.

Enfin, d'un point de vue épistémologique, il faut préciser que ces enquêtes trouvent leur cohérence dans l'approche des PUS, basée sur le « *deficit model* » qui oppose les connaissances scientifiques détenues par les chercheurs et/ou les experts aux savoirs profanes du public, emprunts de croyances et de superstitions²⁸. Les tenants de ce modèle pensent que le déficit de connaissances scientifiques du public le conduit à adhérer à des discours irrationnels qui tendent parfois à rejeter toute démarche scientifique²⁹. Pour les chercheurs de ce courant, principalement Nord-Américains, la solution prônée est donc l'instruction du public. C'est dans ce contexte que l'*American Association for the Advancement of Science* (AAAS)³⁰ a pu développer le courant de la « *scientific literacy* » qui par la suite a pris corps dans le monde francophone sous l'appellation d'*Alphabétisation scientifique et technique* (AST)³¹. Pour Fourez (2002), l'AST visait surtout la formation du citoyen au détriment de la formation de futurs scientifiques « *les cours visant une carrière scientifique se déclinent en physique, chimie, biologie. Ceux qui visent une formation citoyenne parlent d'environnement, de pollution, de technologie, de médecine, de conquête spatiale, de l'histoire de l'univers et des vivants* » (Fourez, 2002, p. 111). Ce qui l'amenait à préciser que « *la perspective de l'alphabétisation scientifique peut être exprimée en termes de finalités humanistes, sociales et économiques* » (*ibid.*). Ce point de vue sur la finalité de l'AST était partagé par Johsua (1994) qui, sans faire référence de façon explicite au « *deficit model* » précisait « *l'écart relatif avec le niveau qu'il faudrait atteindre pour échapper à la dictature des "experts scientifiques" pour assurer le minimum vital de contrôle des citoyens sans lequel l'exigence de démocratie n'est qu'un vain mot, cet écart ne fait que croître* » (Johsua, 1994, p. 42). Dans le même article, il précisait que compte tenu du fait qu'il y a une technicité à maîtriser sur

27 Albe (2009) précise à ce sujet : « *Le mouvement Sciences–Technologies–Sociétés nommé ensuite Sciences–Technologies–Sociétés–Environnement a, en particulier au cours des années 80, proposé d'inscrire l'enseignement des sciences dans un contexte plus large que strictement scolaire. Mais les efforts de mise en œuvre de programmes de sciences inspirés de la perspective STS ont été sapés au profit de la reconduction d'enseignements traditionnels* (Jenkins 2002). Des auteurs ont, à ce propos, montrés comment des scientifiques se sont organisés pour que les aspects novateurs des programmes soient supprimés (Blades 1997) ».

28 Callon M. (1999).

29 Bensaude Vincent (2003) s'oppose très clairement à ce point de vue. Elle prétend que les attitudes critiques du public ne dépendent pas d'un déficit de connaissances (*deficit model*), mais bien plus de leur représentation critique sur le rapport sciences/expertise. Ce point de vue est partagé par Pestre qui pense qu'il est trop simple de parler d'une défiance du public envers les sciences, encore moins de l'émergence d'un nouvel irrationalisme. Il défend l'idée qu'il existe par contre un fort lien entre les attitudes du public envers les sciences et leur mode de production et de régulation. Texte disponible sur Internet : <<http://erstu.ens-lsh.fr/spip.php?article192>>.

30 L'*American Association for the Advancement of Science* (AAAS) a pour fonction de promouvoir, au niveau international, l'enseignement des sciences.

31 Ce thème de l'Alphabétisation scientifique et technique a fait l'objet des XVI^e *Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et industrielles* en 1994. Il a été également analysé dans l'ouvrage de Fourez (1994).

le long terme pour les savoirs scientifiques et techniques, seule l'école pouvait être le point nodal de la réflexion sur cette acculturation « *parce que, comme l'indiquait déjà Vygotski (en forçant sans doute le trait), ces savoirs, en se distinguant des savoirs quotidiens par une forte exigence de cohérence, de réduction de la polysémie des termes utilisés, rendent subséquentement incontournable l'apprentissage intentionnel, c'est-à-dire scolaire* » (Johnsua, 1994, p. 39).

Dans ce cadre, l'AAAS propose un projet ambitieux « *Science for All Americans* » qui a pour objet de préciser ce que chaque étudiant doit savoir sur des thématiques scientifiques³².

Des Public Understanding of Sciences aux Science and Technology Studies (STS)

Jean-Marc Lévy-Leblond (1992) s'est opposé très clairement à ce modèle du déficit de connaissances en précisant tout d'abord, qu'étant donné le haut degré de spécialisation des sciences actuelles, les scientifiques, qui n'appartiennent pas à un domaine donné, se trouvent dans la même situation que des non scientifiques face aux enjeux concernant ce domaine. Pour illustrer ce point de vue, il prend pour exemple les risques sanitaires qui, à court et long terme, sont associés à l'industrie nucléaire. Il précise qu'une compréhension précise de la situation nécessite des connaissances d'ordre technique, médical, économique. Face à la complexité de ces questions, parfois même à l'incertitude de certaines réponses formulées par des scientifiques, et donc l'impossibilité à détenir une maîtrise individuelle de problèmes sociétaux, Levy-Leblond affirme qu'il ne peut alors pas exister un fossé entre les scientifiques et les non scientifiques. Dans ce numéro, Grégoire Molinatti, en analysant les discours de communication des chercheurs pour ce qu'ils expriment des relations entre savoirs scientifiques et opinions autour du statut de l'embryon, arrive à la même conclusion. Il montre en effet que « *les chercheurs font peu mention des normes scientifiques, en construction, qui pourraient être susceptibles de "borner" la définition de l'embryon* », alors même que « *le champ des neurosciences est structuré par un paradigme de réduction des états mentaux, de conscience, de pensée rationnelle, d'individuation donc, à leurs corrélats d'activité physiologique* ». Opposé au paradigme de la rupture entre scientifiques et non scientifiques autour des questions posées par l'opinion, Levy-Leblond a émis le vœu d'abandonner le projet des Lumières pour, *in fine*, accepter une ignorance relative de l'ensemble des acteurs de la société, condition préalable, selon lui, à un exercice plus démocratique de l'activité scientifique.

Face au « *deficit model* » et sous l'impulsion notamment de Wynne (1992), au sein des PUS, certains chercheurs privilégient la prise en compte du contexte d'interactions sociales ce qui les conduit à proposer une autre approche qui relève des *Science and Technology Studies* (STS). Wynne (1992) pense que les études qui tendent à évaluer la nature des savoirs et des ignorances, aussi bien des profanes

32 Consulter à ce sujet : <<http://www.project2061.org/publications/sfaa/>>.

que des experts, ne sont pas pertinentes. Il propose de se focaliser sur l'appréhension des contextes d'interactions sociales dans lesquels sont engagées les connaissances en les intégrant, dans le processus d'évaluation des connaissances scientifiques du public. Pour illustrer son propos, il relate l'exemple d'ouvriers salariés d'une usine de retraitement de déchets nucléaires à Sellafield en Angleterre. Il justifie le fait que si les ouvriers ne semblent pas particulièrement sensibilisés aux notions de radiations, c'est parce que, au sein de leur propre entreprise, ces derniers jugent cela incompatible avec la mise en place d'une chaîne de confiance qui unit les différents acteurs de cette usine : ingénieurs, techniciens, ouvriers. Wynne introduit le « *concept d'ignorance active* » pour désigner cette ignorance assumée par certains acteurs impliqués dans une construction sociale complexe d'interdépendance, notamment au niveau de la pérennité de leur emploi, ce qui ne signifie nullement, par ailleurs, que ces ouvriers n'élaborent pas leurs propres connaissances à ce sujet. Wynne propose donc de dépasser le « *deficit model* » car ce que les scientifiques considèrent, d'un strict point de vue cognitif, comme une incompréhension de la science par le public, peut en fait traduire une évaluation décontextualisée des connaissances.

Callon (1999) va, pour sa part, proposer trois modèles pour présenter le rôle des profanes dans l'élaboration et la dissémination des connaissances scientifiques :

- le modèle de l'instruction publique (*deficit model*) au sein duquel la connaissance scientifique s'oppose aux croyances irrationnelles d'un public qui doit être éduqué ;
- le modèle du débat public : les profanes sont invités à donner leurs points de vue et à communiquer leurs expériences ;
- le modèle de la coproduction des savoirs : les profanes participent directement à l'élaboration des connaissances qui les concernent et dont dépendent bien souvent leur bien-être et leur identité.

À la fin de son article Callon suggère que le troisième modèle se généralise, offrant ainsi une issue à la crise de confiance du public vis-à-vis des experts.

Ces deux courants de pensée sur la diffusion des sciences, tels qu'ils ont été définis en 1992, ont contribué à structurer le champ de la communication scientifique au niveau international. Ainsi, le « *deficit model* » organise le paradigme de la rupture³³ qui dissocie les savoirs scientifiques des savoirs profanes, alors qu'au sein du courant STS, Jacobi (1984) a proposé le paradigme de *continuum* ou de sociodiffusion des sciences. C'est dans ce même courant que les recherches francophones sur les questions socialement vives (qui se rapprochent du courant anglo saxon des *socio scientific issues*) se sont développées (Simoneaux & Jacobi, 1997 ; Simoneaux, 2001 ; Simoneaux & Simoneaux, 2009, Albe, 2009). Les contributions dans ce numéro de

33 Le mot « *rupture* » est ici employé dans le sens d'un fossé qui existerait entre les chercheurs et les publics. Il ne fait pas référence au terme de « *rupture* » employé par Bachelard que nous avons précisé dans la première partie de cet article.

RDST de Virginie Albe et Adel Bouras, d'une part, et de Molinatti, d'autre part, s'intègrent totalement dans ce courant des PUS.

Les Public Understanding of Research (PUR)

Dans le prolongement de ces travaux et toujours au sein du courant des PUS s'est développé le courant du *Public Understanding of Research* (PUR). Ce courant fut initié à la fin des années quatre-vingt-dix par Hyman Field, directeur des programmes informels d'éducation scientifique au sein de la *National Science Foundation*. Field & Powell (2001, p. 63) définissaient les PUR « *as public education that helps laypeople understand what current research is being conducted; helps them consider what the social, ethical, and Policy implications of new findings might be; and helps them to recognize the importance of continued support for both basic and applied research* »³⁴. Il existe également une deuxième définition des PUR, moins formalisée par les chercheurs mais très certainement d'avantage mise en acte : il s'agit alors d'aider le public à comprendre les processus de la recherche. Enfin Field & Powell précisent que dans le cadre des PUR, il faut bien plus insister sur ce qui est inconnu que sur la présentation de connaissances avérées.

Shapin (1992) propose une approche similaire dénommée « *science in the making* » qui, non seulement consiste à expliciter au public ce que les scientifiques savent mais, également et surtout, comment et avec quel niveau de confiance ils en sont venus à savoir cela. Pour aboutir à ce résultat, il propose de montrer :

- que le savoir scientifique est le fruit d'une collaboration entre chercheurs qui possèdent, chacun, une portion du savoir ;
- que les disciplines scientifiques sont, comme les autres disciplines, soumises aux aléas, au hasard, aux erreurs, bref que la science n'est pas infaillible ;
- que les conclusions scientifiques sont le résultat de l'interprétation de résultats et qu'elles sont donc aussi subjectives que d'autres connaissances, etc.

En s'appuyant sur l'exemple de l'effet de serre, il justifie son point de vue en posant la question suivante : comment des personnes dénuées de compétences scientifiques pourraient-elles décider de la position qu'elles souhaitent adopter quand on leur présente des opinions d'experts divergentes sans expliquer pourquoi elles divergent ? Il poursuit son raisonnement en précisant que le risque serait alors important de voir le public penser que l'une des opinions formulées est celle de scientifiques incompétents et/ou qui refusent de dire la vérité pour des intérêts partisans.

Virginie Albe et Adel Bouras proposent, dans le cadre de ce numéro thématique, une contribution qui se rapproche de ce courant. En effet, ces auteurs cherchent à identifier les savoirs mobilisés par des étudiants qui doivent, après avoir analysé

³⁴ On peut traduire cela sous la forme suivante : Field & Powell définissaient les PUR comme une éducation pour le grand public qui permet de comprendre ce à quoi conduisent les recherches ; qui les aide à considérer les implications sociales, éthiques et politiques des nouvelles découvertes ; qui les aide à reconnaître l'importance d'un soutien régulier à la recherche fondamentale et appliquée.

un dossier documentaire sur une controverse sur le pic de production du pétrole élaborée par des élèves ingénieurs de l'École des mines de Paris, rédiger eux-mêmes une étude des controverses soulevées par les nanotechnologies. Ainsi, alors que Shapin (1992) défend son point de vue en précisant « *qu'il faut conduire le public à ne pas entretenir une vision idéalisée de la science qui tendrait à montrer qu'il existe une bonne méthode scientifique qui permettrait de "dire" la vérité scientifique* », Virginie Albe et Adel Bouras précisent que « *la question de l'accès à une diversité de savoirs dans nos sociétés médiatisées se pose également, notamment lorsque des individus ou des groupes sont confrontés à des controverses socioscientifiques, pour lesquelles différents acteurs élaborent des arguments et ou personne n'est en mesure de dire le "vrai" qui clôturerait le débat* ».

Ce parti pris a indéniablement des conséquences sur la mise en place des politiques d'éducation, y compris au sein des musées d'histoire naturelle ou des centres de sciences. Une étude réalisée en Australie (Rennie & William, 2002) montre qu'en sortant d'un *Science center*, des visiteurs adultes sont plus enclins à prétendre que les scientifiques sont toujours en accord avec leurs collègues, que les connaissances scientifiques sont avérées et immuables, et enfin que la science a une réponse à tous les problèmes de société. Durant (1992, 2004) précise, pour sa part, que les musées d'histoire naturelle et les *Sciences center* ont, jusqu'aux années 1990, présenté des connaissances scientifiques stabilisées, ce qu'il qualifie de « *finished science* ». Depuis le début des années quatre-vingt-dix³⁵ et surtout depuis les années 2000, certains musées commencent à présenter des connaissances scientifiques en débat soit des « *unfinished science* » (Durant, 2004), terme qui se rapproche de celui de Shapin « *Science in the making* » ou de celui de Legardez & Simonneaux (2006) « les questions socialement vives ». La prise en compte de ces aspects entraîne nécessairement des changements profonds de pratiques au sein des musées qui ne peuvent plus prétendre présenter la vérité, ni avoir des réponses à toutes les questions. Pour illustrer cet aspect, prenons l'exemple d'une petite exposition temporaire présentée au *London Science Museum* dans les années quatre-vingt-dix. Cette exposition traitait des effets du tabac passif sur la santé qui, à l'époque, étaient très débattus au sein de la communauté des chercheurs. Les responsables de cette exposition ont présenté très explicitement que ces effets faisaient l'objet de recherches, que des experts étaient en total désaccord sur les conclusions qui pouvaient être tirées des expérimentations réalisées, qu'il y avait également de nombreux groupes de pressions qui défendaient l'un ou l'autre des points de vue (Durant, 2004). Notons que les responsables de l'exposition ont souhaité préciser qu'en préparant l'exposition ils ont été conduits à privilégier, pour leur part, l'un des points de vue, s'inscrivant de ce fait dans la posture de Kelly (1986)

35 À titre d'exemples, notons pour les années quatre-vingt-dix les expositions présentées au sein du *London Science Museum*, ou du *Science Museum* de Boston, puis l'ouverture en 2000 du *Wellcome Wing (Science Museum in London)*. De façon plus globale notons le premier colloque : « *Museums, Media, and the Public Understanding of Research* » au *Science Museum* de Minnesota en septembre 2002.

d'impartialité engagée, c'est-à-dire à favoriser l'expression et la confrontation de points de vue variés tout en précisant sa propre opinion.

Nous allons focaliser maintenant notre attention sur une autre problématique, celle de la prise de conscience récente, par la communauté internationale, de la pertinence des savoirs naturalistes locaux qui ont prouvé leur efficacité, notamment dans le cadre de la gestion de l'environnement. Le plus souvent associés à des revendications identitaires, politiques, juridiques, ces savoirs ont changé de statut en devenant des savoirs patrimoniaux, au sens du patrimoine culturel ou immatériel, ce qui leur attribue des droits de propriétés et donc des règles d'accès³⁶ qui sont un premier obstacle à leur transmission. Cette spécificité patrimoniale de ces savoirs a d'autres conséquences sur les méthodes d'apprentissage basées parfois sur l'observation de l'entourage et, dans d'autres cas, sur des observations à fortes contraintes rituelles, ce qui ne permet pas leur présentation dans un cadre scolaire.

1.3. Les savoirs naturalistes locaux

On assiste aujourd'hui à un engouement pour les savoirs naturalistes des peuples locaux. Autrefois dénigrés, ces savoirs locaux relatifs à la nature étaient considérés comme ésotériques ou amalgamés avec le chamanisme. Qualifiés le plus souvent de savoirs populaires, ils sont depuis les années quatre-vingt célébrés par des auteurs sous diverses appellations. Dans certains cas on met en exergue leurs modes de transmissions et leur insertion forte dans la tradition, il s'agit alors des *Traditional Ecological Knowledge* (TEK) c'est-à-dire de savoirs écologiques traditionnels. D'autres auteurs vont focaliser leur intérêt sur le statut des détenteurs de ces savoirs, ils feront alors référence aux *Indigenous Knowledge* (IK), soit enfin ils souligneront l'ère géographique d'implication de ces savoirs : on parlera alors de savoirs naturels locaux.

L'ensemble de ces savoirs « *sont des expressions qui le plus souvent sont utilisées pour désigner un ensemble disparate de connaissances populaires sur la nature (savoirs et savoir-faire agricoles et pastoraux, variétés et races locales, pratiques médicinales, etc.)* » (Roussel, 2005, p. 83). Initiés lors de la Conférence de Jakarta en 1995, c'est depuis la conférence de Rio (UNCED, Rio de Janeiro, 1992) que ces savoirs font l'objet d'une attention toute particulière comme il est stipulé dans l'article 8 de la *Convention sur la diversité biologique* : « *Sous réserve des dispositions de sa législation nationale respecte, préserve et maintient les connaissances, innovations des communautés autochtones et locales qui incarnent des modes de vie traditionnels présentant un intérêt pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et en favorise l'application sur une plus grande échelle, avec l'accord et la participation des dépositaires de ces connaissances, innovations pratiques et encourage*

³⁶ Certains qualifient ces savoirs de « *patrimoine culturel collectif* » ce qui implique, comme par exemple chez les Aymara au Pérou, qu'il faut appartenir à cette communauté pour détenir et/ou utiliser ces savoirs ou savoir-faire.

le partage équitable des avantages découlant de l'utilisation de ces connaissances, innovations pratiques. » [Article 8 J de la CDB conclue à Rio le 5 juin 1992].

Retenons tout d'abord un exemple pour mieux spécifier la nature de ces savoirs locaux. Stanford (2009), dans une recherche en ethnobotanique effectuée sur des populations indiennes Joti et Piaros d'Amazonie au Vénézuéla, souligne que les Piaros utilisent au moins 75 suffixes pour catégoriser et déterminer les plantes qu'ils utilisent et auxquelles ils attribuent des caractéristiques d'habitat et d'associations écologiques. Zent (2001) a montré que ces Piaros possédaient une connaissance de cette forêt primaire en identifiant 220 taxons végétaux dont 180 à usage médicinal³⁷. Pour identifier ces derniers, ils utilisent des caractéristiques anatomiques telles que le port de l'arbre, la nature et la couleur de l'écorce, les odeurs des racines, des écorces, des feuilles, des fleurs, et/ou les résines produites par certains végétaux. Toutes ces connaissances contextualisées, basées sur des observations très fines des cycles des saisons, des cycles lunaires, des courants marins, des vents, etc. (Stanford, 2009, p. 75) sont des connaissances efficaces qui ont permis à de nombreuses populations, dans des contextes spécifiques, de vivre en harmonie avec leur environnement, tout en s'inscrivant dans leur propre représentation du fonctionnement du monde, voire même en lien avec une cosmogonie (Dugast 2009).

Ces savoirs ont parfois été assimilés à une pensée magique ou à une forme balbutiante de la science. Cependant, selon Levi-Straus (1962, p. 26), « *la pensée magique n'est pas un début, un commencement, une ébauche, la partie d'un tout non encore réalisé ; elle forme un système bien articulé ; indépendant, sous ce rapport, de cet autre système que constituera la science, sauf l'analogie formelle qui les rapproche et qui fait du premier une sorte d'expression métaphorique du second. Au lieu, donc, d'opposer magie et science, il vaudrait mieux les mettre en parallèle, comme deux modes de connaissance, inégaux quant aux résultats théoriques et pratiques (car, de ce point de vue, il est vrai que la science réussit mieux que la magie, bien que la magie préforme la science en ce sens qu'elle aussi réussit quelquefois), mais non par le genre d'opérations mentales qu'elles supposent toutes deux, et qui diffèrent moins en nature qu'en fonction des types de phénomènes auxquels elles s'appliquent* ». Levi-Strauss précise sa pensée (p. 24) en stipulant que la différence première entre magie et science serait que « *l'une postule un déterminisme global et intégral, tandis que l'autre opère en distinguant des niveaux dont certains, seulement, admettent des formes de déterminisme tenues pour inapplicables à d'autres niveaux* ». Sur ce point prenant comme exemple un homme qui en dormant sous un grenier se trouve enseveli sous celui-ci qui est miné par les termites, Hubert et Mauss (1950) cité par Levi-Strauss, 1962, p. 23) précisent que les Azandé affirmeront que la chute du grenier est une cause qui se conjugue avec la sorcellerie pour tuer l'homme. Dans ce cas, la sorcellerie n'est pas responsable de la chute du grenier, mais c'est à cause d'elle qu'il est tombé, alors qu'un individu particulier se trouvait en dessous. La pensée

³⁷ Nous utilisons ici le terme de taxons qui est plus large que celui d'espèces.

magique ne se distingue-t-elle alors pas « *moins de la science par l'ignorance ou le dédain du déterminisme, que par une exigence de déterminisme plus impérieuse et plus intransigeante, que la science peut, tout au plus, juger déraisonnable et précipitée ?* » (Levi Strauss, 1962 p. 23). Le mode de constitution de ces savoirs est également différent et Albe (2009), Jimenez-Aleixandre & Pereiro Munoz (2002), Kolsto (2000) précisent à ce sujet que les savoirs scientifiques sont établis par consensus qui fait suite à des phases d'examen critique, d'argumentation, de pratiques discursives, de questionnement qui *in fine* débouchent sur une évaluation par les pairs. On peut également pointer une autre différence majeure entre les savoirs scientifiques et les savoirs locaux, les premiers se réclament d'une vocation universaliste alors que les seconds sont renfermés sur eux-mêmes en proposant des explications qui sont parfois très éloignées des savoirs savants actuels³⁸. Cependant à l'opposé de ces derniers ils prennent corps dans le cadre d'une explication englobante. Ainsi en est-il de la théorie de la genèse des couleurs chez les Bwaba du Burkina Faso « *élaborées à partir d'éléments puisés dans différents registres : l'univers végétal et le règne animal (le caméléon) sont amplement sollicités, mais les représentations à l'œuvre en matière de cosmogonie, d'origine du monde, sont tout autant mises à contribution. Partagées par tous les membres de la société, de telles élaborations symboliques sont néanmoins avant tout produites par l'une de ses composantes, la caste des forgerons.* » (Dugast, 2009)³⁹.

1.4. Conclusions

Nous venons donc de mettre en évidence différents positionnements épistémologiques pour rendre compte des relations entre opinions et savoirs :

- une épistémologie rationaliste qui permet de comprendre la façon dont se construisent, d'un point de vue historique, les concepts scientifiques. Cette épistémologie repose sur l'idée d'une rupture entre la connaissance scientifique et l'opinion, entendue dans une acception psychologique et individuelle, même si derrière cette rupture, il peut y avoir une continuité des problématiques comme en atteste la *Formation du concept de réflexe* de Canguilhem ;
- une épistémologie qui, s'appuyant sur les *sciences studies* pour comprendre les relations entre savoirs et opinion, s'attache à préciser l'opposition entre, d'une part, le paradigme de la rupture qui dissocie les savoirs scientifiques des savoirs

38 En réalité cela est bien plus complexe car on pourrait parler de constructions de savoirs hybrides, fruit « d'un dialogue » entre des savoirs scientifiques et des savoirs locaux qui ne sont pas figés dans le temps.

39 « *La société bwa a longtemps été caractérisée par l'aspect fortement communautaire de son organisation sociale [...] les vastes communautés villageoises bwa n'en sont pas moins traversées par de féroces relations inégalitaires, tout aussi fondamentales dans leur structure sociale et dans la construction de leurs représentations culturelles : celles qui découlent du système de castes qui divise la société en trois groupes socio-professionnels endogames – les castes – entre lesquels est établie une puissante hiérarchie qui repose sur l'attribution, à chacune des activités professionnelles spécialisées, des qualités valorisantes ou au contraire dépréciatives. Une telle division, qui ordonne les groupes en fonction de leur activité professionnelle dominante, est naturellement propice à l'élaboration d'un discours assez savant sur le thème des couleurs de la part de celui de ces groupes dont les membres sont les plus engagés dans un rapport constant avec la matière : la caste des forgerons* » (Dugast, 2009, p. 246-247).

profanes et, d'autre part, le paradigme de *continuum* ou de sociodiffusion des sciences.

- une réhabilitation des savoirs populaires (*Traditional Ecological Knowledge*) ou des savoirs écologiques traditionnels (*Indigenous Knowledge*) qui forment un système bien articulé qui, bien qu'indépendant de la science, n'en est pas moins pertinent pour gérer l'environnement.

Ces positionnements différents ont des conséquences directes sur les problématiques didactiques dont certaines sont abordées par les articles de ce numéro de RDST.

2. ...aux problématiques didactiques

En fonction du positionnement épistémologique des recherches conduites par les auteurs des articles de ce numéro, les questions didactiques prises en charge par les auteurs sont très différentes.

Pour assurer la continuité de notre propos, reprenons les savoirs locaux et la question de leur transmission.

2.1. La transmission des savoirs locaux : quelle transmission possible ?

Dans le cadre de la mondialisation, si la question de la conservation des savoirs locaux, et donc de leur enseignement, semble cruciale, elle n'en pose pas moins des interrogations d'ordre méthodologique. « *Comment assurer leur maintien dans des contextes de modernisation qui s'accompagnent souvent d'une acculturation rapide ? Comment évaluer leur pertinence, leur efficacité en matière de gestion et de conservation de la biodiversité ? Comment assurer leur transfert, leur transmission, leur application ?* » (Chouvin *et al.*, 2004, p. 11). Doit-on et peut-on les intégrer dans des curriculums ? Dans certaines communautés, des projets sont initiés pour incorporer les contenus des savoirs autochtones dans le curriculum scolaire. Cependant est-ce si simple ? Au sein de ces communautés, en effet, la principale méthode d'apprentissage est basée sur l'observation de l'entourage (Katz, 1986 ; Zarger, 2002) et les jeunes choisissent, sans aucune contrainte, les activités qu'ils souhaitent effectuer. Ce processus est d'ailleurs tellement diffus qu'il n'est le plus souvent pas perçu comme un apprentissage par les apprenants eux-mêmes (UNESCO, 2009, p. 6). Ce constat met en évidence des modes d'acquisition/transmission différents : le mode scolaire, qui implique d'être assis en classe à écouter et à apprendre des connaissances structurées en disciplines, et le mode immersif basé sur l'expérience acquise au contact quotidien de leur environnement et sous la conduite de parents ou, occasionnellement, de grands-parents (Zent, 2009, p. 52). La prise en compte récente par la communauté internationale de ces ethnosciences, soit le fait de donner une place équivalente à l'acquisition de ces savoirs locaux et à celle des savoirs scientifiques a parfois permis, malgré les difficultés soulevées précédemment, leurs transmissions communes au sein de

curriculums. Lewandowski (2007) souligne, dans le contexte du Burkina Faso, un certain nombre d'obstacles à leur enseignement. Les classes surchargées (parfois plus de 100 élèves par classe en primaire) imposent une pédagogie frontale, ce qui ne permet pas aux élèves d'exprimer d'idées personnelles : « *dans les écoles classiques, au quotidien de la classe, les savoirs locaux sont rarement évoqués, et lorsqu'ils le sont, c'est essentiellement pour déconstruire ceux qui sont jugés obsolètes* ». Les contes, qui constituent un des outils privilégiés de la pédagogie communautaire et qui se comprennent à plusieurs niveaux : narratif, philosophique et ésotérique, sont utilisés dans les manuels scolaires en dénaturant le propos « *ceci est lié au passage à l'écrit, mais aussi à l'usage pédagogique qui en est fait : les contes sont classés dans des rubriques comme « l'école et la famille », « l'hygiène et la santé », qui présentent des textes d'inspirations diverses destinés à sensibiliser l'enfant à des comportements jugés positifs* » (Barry et al., 1996). Cependant, Lewandowski, a montré dans sa thèse que « *la nouvelle culture cherchant à associer les savoirs locaux et les savoirs scolaires est présidée aujourd'hui par les normes développementalistes en partie variables en fonction des modes des bailleurs de fonds* » (Lewandowski, 2007)⁴⁰.

Nous pouvons illustrer l'intrication, au sein d'un curriculum, de ces deux types de savoirs (scientifiques et locaux) par le programme « *Proyecto Ninez y Diversidad Cultural* » mis en place depuis 2002 par le PRATEC (*Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas*). Selon les responsables de ce programme, les élèves doivent acquérir aussi bien les savoirs naturalistes locaux que les bases d'une information scientifique et technique, tant à l'école qu'au sein de la communauté de vie. Ce programme a pour finalité d'apprendre à lire et à écrire et de revaloriser les savoirs locaux traditionnels tant dans les aspects écologiques, sociaux que spirituels. Sur une liste de 7 objectifs, nous en retenons 4 plus proches de nos préoccupations :

- a/ s'engager dans la conservation de la biodiversité en recréant les équilibres écologiques et l'agrobiodiversité par la mise en place de jardins potagers scolaires ;
- b/ améliorer l'alimentation des élèves en privilégiant l'utilisation de produits locaux cultivés dans des jardins scolaires ou familiaux. Cela favorise la prise en compte d'aspects sociaux, écologiques et spirituels ;
- c/ permettre les échanges entre les savoirs modernes et les savoirs locaux au sein des curriculums. Ce dialogue entre les savoirs doit être effectué avec la participation de la communauté de vie ;

40 L'auteur fait référence à un système de production des savoirs éducatifs dans de nombreux pays du Sud, en particulier dans des pays africains qui, compte tenu des difficultés qu'ils éprouvent à scolariser un nombre d'enfants qui augmente très rapidement, se lient à des "partenaires techniques et financiers" (PTF) infra et supra nationaux qui font partie du milieu du "développement". Cet auteur précise que ces institutions développent et cherchent à diffuser un discours et des normes « développementalistes » qui sont en référence à un changement social souhaité dans les pays du Sud. Elle précise enfin que l'on peut retracer les variations historiques de ces normes (par exemple, sur les façons d'appréhender les savoirs locaux ou la biodiversité à partir des textes institutionnels de ces PTF et de leurs traces dans les programmes et manuels scolaires).

d/ organiser des stages pour les jeunes (garçons et filles) mais également enseignants et paysans au sein de propriétés communautaires pour connaître d'autres expériences. Ces stages doivent améliorer l'agrobiodiversité qui existe dans les jardins paysans, tant par l'acquisition de nouvelles pratiques agricoles que par l'échange de semences et des savoirs faire paysans liés à leur exploitation.

Ces objectifs soulignent la forte intégration de ce programme d'enseignement sur la biodiversité au sein de la communauté des jeunes. Ce projet éducatif adopte donc une approche interculturelle, telle que définie par Rengifo (2005, p. 3-46), basée d'une part sur la transmission de connaissances par les anciens au sein de la communauté de vie et, d'autre part, sur le fait de dépasser la dualité entre les savoirs locaux et les savoirs scientifiques.

Il ne faudrait pas penser pour autant que la problématique des savoirs locaux ne vise que les pays du sud. Notamment dans le cadre de la gestion de la biodiversité, nous retrouvons des aspects très similaires dans les pays du nord. Ainsi des travaux sont actuellement en cours, dans le cadre d'un projet ANR⁴¹, sur le transfert dans l'enseignement agricole de la modélisation de systèmes multi-agents développés par le réseau de recherche ComMod. La démarche, qui s'appuie sur une modélisation des savoirs scientifiques mais aussi des savoirs locaux des différents acteurs, est suivie par une simulation avec ces différents acteurs (agriculteurs, environnementalistes, forestiers, chasseurs, élus, etc.). Le groupe ComMod a appliqué sa démarche sur des problématiques variées (allocation des terres agricoles, gestion de l'eau, conservation de la biodiversité, prévention des incendies) et dans des environnements très divers (pelouses steppiques des grands causses, forêt méditerranéenne, grandes plaines céréalières, roselières méditerranéennes, zones périurbaines, etc.)⁴².

2.2. La transmission des savoirs scientifiques en contexte scolaire

La fonction de l'école est d'assurer la transmission des savoirs aux nouvelles générations d'élèves. Cependant s'il y a bien transmission des savoirs d'une génération à l'autre, la plupart des recherches montrent qu'il ne peut y avoir transmission d'un savoir à un individu particulier. C'est l'apport essentiel de la dimension psychologique du constructivisme qui « *met l'accent sur le fait que c'est le sujet en train d'apprendre qui construit son savoir* » (Astolfi, 2008, p. 127). Ce constructivisme psychologique redouble la dimension construite des savoirs scientifiques mise en évidence par l'épistémologie historique de Bachelard et de Canguilhem. Comme les savoirs scientifiques sont construits hors du champ de l'expérience quotidienne des élèves, la fonction de l'école consiste à en assurer la transmission, c'est-à-dire de permettre aux élèves de « *s'approprier par des sortes de "raccourcis didactiques" les contenus culturels* » (Brossard, 1998, p. 39). C'est bien

41 ANR ED2AO

42 <<http://cormas.cirad.fr/ComMod/> Collectif ComMod. 2006>. Modélisation d'accompagnement. In Amblard F. et Phan D. *Modélisation et simulation multi-agents: applications aux sciences de l'homme et de la société*. Londres : Hermes sciences, p. 217-22.

à cette question que tentent de répondre les articles de Jean-Yves Cariou, Patricia Crépin-Obert et Julie Gobert en croisant la dimension doublement constructive des apprentissages avec un troisième constructivisme : un constructivisme pédagogique (Astolfi, 2008, p. 129-131).

Avant de s'intéresser aux stratégies didactiques développées par les auteurs de ce numéro de RDST, nous allons tenter d'éclairer l'articulation entre le constructivisme épistémologique et psychologique qui sous-tend le constructivisme pédagogique. Pour cela, nous allons présenter une articulation possible entre les positions épistémologiques de Bachelard avec les travaux de Vygotski (Lhoste, 2008).

La distinction entre concepts scientifiques et concepts quotidiens (ou connaissances scientifiques et opinions/connaissances communes) repose, pour Vygotski, sur des niveaux de généralisation différents (les concepts scientifiques sont organisés en système) qui entretiennent entre eux des rapports dialectiques (Vygotski, 1937/1998). La rupture entre la connaissance commune et la connaissance scientifique au niveau épistémologique peut ainsi recouper, au niveau psychologique, une rupture entre les concepts scientifiques et les concepts quotidiens, expliquée par Vygotski par le fait que les concepts scientifiques sont, d'une part, organisés en système et, d'autre part, sont le produit d'une culture et se sont donc formés hors du champ de l'expérience des élèves⁴³. Par contre, là où Bachelard voit une rupture : « *la connaissance vulgaire ne peut évoluer* » (1949/1998, p. 107) et une cohabitation définitive des connaissances communes et des connaissances scientifiques, même chez le chercheur qui « *est finalement un homme pourvu de deux comportements* » (*ibid.*, p. 104), Vygotski envisage un rapport dialectique (rupture et continuité) entre les concepts scientifiques et les concepts quotidiens qui ne se représentent pas comme des états statiques, mais comme deux pôles dynamiques (Vygotski, 1937/1998). Ainsi, les concepts quotidiens comme les concepts scientifiques se développent et, dans ce développement, les apprentissages scolaires jouent un rôle déterminant (*ibid.*). C'est en raison de cette relation que nous pouvons parler d'une continuité entre les concepts scientifiques et les concepts quotidiens.

Ainsi, les apports épistémologiques et psychologiques mettent en évidence que les apprentissages scolaires relèvent bien, tant au niveau épistémologique qu'au niveau psychologique d'une dialectique rupture/continuité. C'est bien cette question de la dialectique rupture/continuité à l'œuvre dans les apprentissages scientifiques scolaires que mettent au travail les articles de Jean-Yves Cariou, Patricia Crépin-Obert et Julie Gobert dans ce dossier de RDST.

Jean-Yves Cariou, reprenant l'aphorisme de Giordan & De Vecchi (1987) à propos des représentations initiales des élèves : « *faire avec pour aller contre* », présente l'outil DiPHTeRIC qui modélise une démarche scientifique à des fins scolaires. Il suit l'évolution des réponses d'élèves avant et après une année d'apprentissage par la démarche DiPHTeRIC. Même si, à la suite de Canguilhem qui déclarait que « *l'idée*

43 Même si l'on ne trouve pas de trace de l'idée d'une rupture épistémologique chez Vygotski.

de méthode expérimentale est un monstre intellectuel »⁴⁴, on peut avoir un soupçon épistémologique sur une démarche scientifique « universelle »⁴⁵, la proposition de Jean-Yves Cariou qui tente de présenter un modèle ni linéaire, ni unique, « *le schéma du noyau PHyTe en montre clairement l'absence de linéarité, ce qui ne revient nullement à prétendre qu'il n'y aurait qu'une démarche unique en sciences* », donne aux enseignants une trame qui permettra d'engager les élèves dans une mise au travail de leur conception initiale à des fins d'apprentissage. À travers la proposition de l'outil DiPHTeRIC, c'est la question des démarches pédagogiques en classe de science que Jean-Yves Cariou repose d'une nouvelle façon⁴⁶.

Les travaux de Patricia Crépin-Obert et de Julie Gobert s'inscrivent dans la lignée des travaux consacrés aux processus d'apprentissages scientifiques scolaires présentés depuis 1985 dans la revue *Aster*. Ainsi, les deux auteurs mettent au cœur de leur investigation le concept d'obstacle (dans la lignée de Jean-Pierre Astolfi et Brigitte Peterfalvi, 1993, 1997) et de problématisation (dans la lignée des travaux de Fabre et Orange, 1997 ; Orange ; 2003), ce qui les situe dans le prolongement direct des numéros de la revue *Aster* n° 20 (*Représentations et obstacles en géologie*), 24 (*Obstacles : travail didactique*), 25 (*Enseignants et élèves face aux obstacles*), 40 (*Problème et problématisation*), et 44 (*Sciences et récit*). Les raisonnements des élèves, au cours de moments de controverses scientifiques en classe, sont analysés pour identifier en quoi certains raisonnements quotidiens ou certaines connaissances communes peuvent se constituer en obstacles pour construire les concepts (problèmes) scientifiques visés par les enseignants. En cela, ces deux auteurs s'inscrivent dans les travaux récents sur la fonction des débats scientifiques dans les apprentissages (Buty & Plantin, 2008 ; Schneeberger & Vérin, 2009).

Patricia Crépin-Obert montre, à travers une étude comparative entre controverse historique et controverse scolaire⁴⁷, que si l'obstacle de l'artificialisme intervient dans les deux controverses, il n'a pas la même fonction dans ces deux controverses.

Julie Gobert, à partir d'une analyse épistémologique du concept de développement biologique, en plein remaniement sur le plan scientifique (Kupiec, 2008), essaie de comprendre l'intrication entre l'obstacle du « préformisme moléculaire » et le processus de problématisation du concept de développement par des élèves de 1^{re} S. Cela lui permet de poser (à la suite de Lhoste & Peterfalvi, 2009), la question des relations entre problématisation, obstacle et problème.

44 Canguilhem a prononcé cette phrase lors d'un entretien avec Charles Mazières, professeur à la Faculté des sciences de Paris-Orsay, directeur du laboratoire de chimie minérale de l'École nationale supérieure de chimie.

45 Thom indique que « *la méthode expérimentale est un mythe* » (1983).

46 Cette critique des démarches scientifiques scolaires est à l'origine des travaux en didactique des sciences (Astolfi *et al.*, 1978).

47 Dans une avenue de recherche qui sera développée dans le dossier du n° 3 de RDST (2011) qui traitera des relations entre didactique et histoire des sciences (numéro coordonné par Cécile de Hosson et Patricia Schneeberger).

Il est intéressant de noter que ces travaux se situent dans le champ des *sciences de la vie et de la Terre* et qu'aucun article n'a été proposé en provenance du champ des sciences physiques et chimiques, alors que les premiers travaux, tant sur le rôle des raisonnements quotidiens dans les apprentissages scientifiques (Viennot, 1979) que sur les débats scientifiques en classe (Johsua & Dupin, 1989) émanaient de ce champ de savoir.

Les deux derniers articles présentés cherchent à comprendre à quelles conditions les élèves, en situation scolaire, peuvent construire des concepts scientifiques. Cela constitue une étape nécessaire à une réflexion précise sur la construction des scénarios d'enseignement qui renvoie au troisième constructivisme d'Astolfi, le constructivisme pédagogique : « *Les professeurs ont pour fonction de proposer des médiations facilitatrices, mais non substitutives. Ils ont à élaborer des dispositifs construits et des situations calculées, qui soient adaptées aux structures cognitives des élèves en même temps qu'ils les transforment* » (2008, p. 131), mais, pour que les dispositifs soient adaptés (dispositifs et démarches dans le cadre des refontes actuelles des curriculums) et que leur médiation soit facilitatrice (travaux sur les gestes professionnels de l'enseignant, analyse didactique de l'activité de l'enseignant), une connaissance précise des processus d'apprentissage (référés à des normes) nous semble être un préalable. C'est même un enjeu de formation décisif dans le cadre de la mise en place des masters *Métiers de l'enseignement* à l'université.

2.3. Entre connaissances et opinions, le traitement des questions socio-scientifiques à l'école

La mise en place d'enseignements pour traiter des questions socio scientifiques s'est faite très progressivement et initialement dans des pays anglo-saxons depuis environ les années 1980 (Zeidler, 1984 ; Driver *et al.*, 2000 ; Kolstø, 2000). La typologie de Kelly (1986) sur les postures des enseignants (de la neutralité exclusive à l'impartialité engagée) souligne l'acuité des questions posées dans les années quatre-vingt qui restent encore pertinentes de nos jours tant il semble difficile pour les enseignants, y compris dans le cadre de l'ERE/l'EDD, d'aborder des savoirs non stabilisés ce que souligne Audigier (2001) avec ce qu'il appelle le modèle des 4 R (Réalisme, enseignement des seuls Résultats, selon un Réfèrent consensuel, et Refus du politique).

Or les *socio scientific-issues* qui selon Albe (2009, p. 28) « *privilégient les dimensions émotionnelles, morales et éthiques* » ou les QSV « *qui ont plus recours à la notion de débats porteurs d'intérêts et de valeurs* » (*ibid.*) sont par nature des questions qui font référence à des savoirs non stabilisés, faisant l'objet de débats tant au sein de la communauté de recherche que dans la société, ce qui devrait induire à l'école une réflexion sur la nature de cette activité. Ces questions socialement vives sont le plus souvent liées à des choix de sociétés (énergie, alimentation, mode de vie, etc.) et font référence à des analyses coûts/bénéfices, ce qui implique une approche pluridisciplinaire et la compréhension de modèles de décision en avenir aléatoire

(Girault & Girault, 2004). Enfin Astolfi (2008) précise à ce sujet : « *la difficulté est ici de savoir ce qui doit être mis en débat et ce qui ne doit pas l'être. Il faut, dirait Kuhn, définir le paradigme stable au sein duquel prennent sens les controverses si l'on veut que les idéologies non démocratiques ne s'engouffrent dans la brèche d'un relativisme absolue* ». Compte tenu, tout à la fois, de la pertinence de traiter ces questions en classe et de la grande difficulté à le faire, de plus en plus de chercheurs se sont intéressés à ces sujets. Sadler (2004) proposait une première typologie de ces recherches selon quatre axes structurants :

- a/ les recherches qui interrogent l'influence de l'acquisition de concepts scientifiques sur le raisonnement des élèves ;
- b/ les recherches qui se focalisent plus sur la façon dont les élèves sont ou non capables d'évaluer, au sein d'informations diverses et parfois opposées, la pertinence des une et des autres ;
- c/ les recherches qui analysent les liens entre les représentations que les élèves ou les apprenants se font des sciences avec leur inscription/engagement dans diverses prises de décisions socioscientifiques ;
- d/ les derniers travaux qui portent plus sur la façon dont les élèves justifient leurs opinions relatives à une question socio- scientifique.

Comme toute typologie celle-ci est critiquable dans le sens où de nombreux travaux, y compris très récents, portent sur plusieurs aspects et notamment les points c et d. D'autres travaux élargissent les problématiques de l'un des axes décrits par Sadler : Benoit Urgelli (2009), par exemple, montre dans sa thèse comment les opinions des enseignants face au réchauffement climatique peuvent influencer leurs logiques d'engagement didactique autour de cette QSV dans une perspective déclarée d'éducation citoyenne.

Albe (2009, p. 102) précise également que « *certaines de ces recherches se réfèrent explicitement au constructivisme ou socioconstructivisme* » [...] « *d'autres travaux s'inscrivent en complément du courant STS* » [...], d'autres enfin « *se réfèrent ou mobilisent le cadre théorique de la cognition située* ».

Il faut enfin préciser que les recherches en *Science and Technology Studies*, alimentent les recherches dans le domaine de l'éducation à l'environnement (Girault 2005 ; Girault *et al.*, 2007 ; Girault & Sauvé, 2008 ; Lange, 2007, 2008 ; Simonneaux & Simonneaux, 2009b et 2009c) et l'éducation à la citoyenneté (Debart & Girault, 2009) qui impliquent notamment « *le développement de valeurs et d'habilités relatives à la prise de décision quant à l'utilisation de la science et de la technologie en regard d'une certaine qualité de société* » (Sauvé, 1997, p. 66). Pour s'en persuader il suffit de se référer aux travaux de Kolstø qui a été l'instigateur des transpositions des conférences de consensus dans l'enseignement (2000). Enfin si l'on peut dire que Simonneaux (1995) a introduit en France la question des QSV en traitant de biotechnologie⁴⁸, ce thème est totalement d'actualité avec des travaux qui croisent

48 Simonneaux (1995).

des approches en physique, chimie et biologie comme les nanotechnologies. C'est le cas de la contribution de Virginie Albe et Adel Bouras dans ce numéro.

Conclusion

L'appel à communications de ce premier numéro de la revue RDST était très/trop ambitieux et bien évidemment les articles retenus ne couvrent pas l'ensemble de la problématique « Opinions et savoirs ». Sans chercher nullement à évoquer la totalité des thématiques qui auraient pu être abordées, il nous semble que deux aspects essentiels n'ont pas été retenus par les auteurs qui ont répondu à cet appel. Nous voulons évoquer tout d'abord l'extrême diversité des modes contemporains d'appropriation/de co-construction des connaissances qui débordent très largement les sphères de l'enseignement formel ou informel. Il en est ainsi des associations et/ou ONG, qui permettent à leurs militants d'acquérir des connaissances parfois très pointues, mais également de partager des valeurs et de se forger des opinions sur des thématiques liées à l'agriculture, l'énergie, l'environnement, la santé publique, etc. Nous voulons enfin faire référence aux très grandes possibilités de diffusion d'informations et d'échanges au sein de forums sur le Web qui, très vraisemblablement, vont contribuer à modifier en profondeur le rapport aux savoirs des internautes qui sont à même de trouver et de diffuser une multitude d'informations parfois très contradictoires. Voici, très certainement, de nouvelles avenues pour développer des recherches sur l'enseignement des sciences et sur le rapport entre opinions et savoirs.

Yves GIRAULT

girault@mnhn.fr

Yann LHOSTE

yann.lhoste@unicaen.fr

Bibliographie

ALBE V. (2007). When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intervene: students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education*.

ALBE V. (2008). Pour une éducation aux sciences citoyennes. Une analyse sociale et épistémologique des controverses sur les changements climatiques. *Aster*, n° 46.

ALBE V. (2009). *Enseigner des controverses*. Rennes : Presses universitaires de Rennes.

ASTOLFI J.-P. (2008). *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Paris : ESF.

- ASTOLFI J.-P., GIORDAN A., GOHAU G., HOST V., MARTINAND J.-L., RUMELHARD G. & ZADOUNAÏSKI G. (1978). *Quelle éducation scientifique pour quelle société ?* Paris : PUF.
- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n° 16, p. 103-149.
- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts, *Aster*, n° 25.
- AUDIGIER F. (2001) Les contenus d'enseignement plus que jamais en questions. In C. Gohier et S. Laurin (éd.) *Entre culture, compétence et contenu : la formation fondamentale, un espace à redéfinir*, Montréal.
- BACHELARD G. (1929). *La valeur inductive de la relativité*. Paris : Vrin.
- BACHELARD G. (1934). *Le nouvel esprit scientifique*. Paris : PUF.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : PUF.
- BACHELARD G. (1940). *La philosophie du non*. Paris : PUF.
- BACHELARD G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : PUF.
- BACHELARD G. (1953). *Le matérialisme rationnel*. Paris. PUF.
- BACHELARD G. (1970). L'idéalisme discursif. In *Études*. Paris : Vrin.
- BACHELARD G. (1972). *L'engagement rationaliste*. Paris : PUF.
- BARRY M., SANOU B. & TAPSOBA J. (1996). *Livre de lecture 6^e année*, MEBA, IPB, Canada, Nathan.
- BATIBO H M. (2001). The endangered languages of African: A case study from Botswana. In Luisa Maffi (éd). *On Bio-cultural Diversity: Linking Language Knowledge and the Environment*. Washington : Smithsonian Institution Press.
- BATIBO H.M. (2009) Transmitting Indigenous knowledge through the school curriculum in a diminishing bio-cultural environment: the case of Botswana. In P. Bates, M. Chiba, S. Kube & D. Nakashima (éd.), *UNESCO 2009, Learning and Knowing in Indigenous Societies Today*. Paris : UNESCO, p. 87-93.
- BENSAUDE-VINCENT B. (2003). *La science contre l'opinion. Histoire d'un divorce*. Paris : Le Seuil (Les empêcheurs de penser en rond).
- BRAUNSTEIN J.-F. (2000). Canguilhem avant Canguilhem. *Revue d'histoire des sciences*, t. 53, n° 1, p. 9-26.
- BROSSARD M. (1998). Approche socio-historique des situations d'apprentissage de l'écrit. In M. Brossard & J. Fijalkow (éd.). *Apprendre à l'école : perspectives piagétienne et vygotkiennes*. Pessac : Presses universitaires de Bordeaux, p. 37-50.
- BUTY C. & PLANTIN C. (2008). *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. Lyon : INRP.

- CALLON M. (1999) Des différentes formes de démocratie techniques. *Les cahiers de la sécurité intérieure*, n° 38, p. 37-54.
- CANGUILHEM G. (1955). *La formation du concept de réflexe au XVII^e et au XVIII^e siècle*. Paris : Vrin.
- CANGUILHEM G. (1957). Sur une épistémologie concordataire. In Collectif. *Hommage à Gaston Bachelard. Études de philosophie et d'histoire des sciences*. Paris : PUF.
- CANGUILHEM G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- CANGUILHEM G. (1966). *Le normal et le pathologique*. Paris : PUF.
- CANGUILHEM G. (1968). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.
- CANGUILHEM G. (1972). Préface. In G. Bachelard. *L'engagement rationaliste*. Paris : Vrin, p. 5-6.
- CANGUILHEM G. (1981). *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie. Nouvelles études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.
- CANGUILHEM G. (1987). La décadence de l'idée de progrès. *Revue de métaphysique et de morale*, n° 4, p. 437-454.
- CANGUILHEM G. & PLANET C. (1939). *Traité de logique et de morale*. Marseille : F. Robert.
- CHEVEIGNÉ (de) S. (2004). *Quand l'Europe mesure les représentations de la science : une analyse critique des Eurobaromètres*. Actes du colloque Sciences, Médias et Société, Lyon, ENS-LSH, 15-17 juin 2004. Disponible sur Internet : <http://sciences-medias.ens-lsh.fr/article.php3?id_article=57>.
- CHOUVIN E., SELIM LOUAFI S. & ROUSSEL B. (2004). Prendre en compte les savoirs et savoir-faire locaux sur la nature : Les expériences françaises. Idées pour le débat, *Ressources naturelles*, n° 1.
- COLLECTIF COMMOD. (2006). Modélisation d'accompagnement. In Amblard F. et Phan D. (éd.). *Modélisation et simulation multi-agents: applications aux sciences de l'homme et de la société*. Londres : Hermes sciences, p. 217-22.
- COMTE A. (1830). *Cours de philosophie positive*. Paris : Vrin.
- DAVIS R.C. (1958) The public Impact of Science in the Mass media, Monograph n° 25, Ann Arbor, MI : University of Michigan Survey Research center; Withey, S.B. 1959, Public opinion about science and the scientist. *Public opinion Quaterly*, 23, p. 82-88.
- DRIVER R., NEWTON P., OSBORNE J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, n° 84, p. 287-312.
- DUGAST S. (2009). Du noir des forgerons aux couleurs du caméléon. Une théorie de la genèse des couleurs chez les Bwaba du Burkina Faso. In Marcello Carastro (dir.), *L'Antiquité en couleurs. Catégories, pratiques, représentations*. Grenoble : Jérôme Millon (Horos), p. 245-276.

- DURANT J. (1992). *Introduction*. In *Museums and the Public Understanding of Science*. Londres : Science Museum
- DURANT J. (2004). The Challenge and the opportunity of presenting “unfinished science”. In Chittenden D., Farmelo G. & Lewenstein B.V. (éd.), In *Creating connections. Museums and the Public Understanding of Current Research*, p. 7-60.
- FABRE M. (1996). L’utopie bachelardienne de la formation à l’épreuve de la post-modernité. *Penser l’éducation*, n° 1, p. 59-73.
- FABRE M. (2009). *Philosophie et pédagogie du problème*. Paris : Vrin.
- FABRE M. & ORANGE C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d’obstacles. *Aster*, n° 24, p. 37-57.
- FIELD H. & POWELL P. (2001). Public understanding of science versus public understanding of research. *Public Understanding of Science*, vol. 10, n° 4, p. 421-26.
- FORTIN-DEBART C. & GIRAULT Y. (2009). De l’analyse des pratiques de participation citoyenne à des propositions pour une Éducation à l’environnement. In *Éducation Relative à l’Environnement : Regards, Recherches, Réflexions*, vol. 8, p. 129-145.
- FOUREZ G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique, essai sur les finalités de l’enseignement des sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- FOUREZ G. (2002). Les sciences dans l’enseignement secondaire. Point de vue, *Didaskalia*, n° 21, p. 107-122.
- FOUREZ G., ENGLEBERT –LECOMTE V. & GROOTAERS D. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l’enseignement des sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- GIORDAN A. & DE VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir*. Lausanne : Delachaux & Niestlé.
- GIRAULT Y. & QUERTIER. & FORTIN DEBART C. & MARIS V. (2008). L’éducation relative à l’environnement dans une perspective sociale d’écocitoyenneté. Réflexion autour de l’enseignement de la biodiversité. In A. Gardiès, I. Fabre, C. Ducamp & V. Albe (éd), *Education à l’information et éducation aux sciences : quelles formes scolaires ?* Rencontres Toulouse Educagro, Enfa, p. 87-120. Disponible sur Internet : <<http://www.spaceref.com/news/viewsr.html?pid=26695>>.
- GIRAULT Y. & SAUVÉ L. (2008). L’Éducation à l’environnement ou au développement durable : quels enjeux pour l’éducation scientifique ? *Aster*, n° 46, p. 7-30.

- GIRAULT Y., LANGE J.-M., FORTIN-DEBART C., DELALANDE-SIMONNEAUX L. & LEBEAUME J. (2006/2007). La formation des enseignants dans le cadre de l'éducation à l'environnement pour un développement durable : problèmes didactiques. In *Éducation Relative à l'Environnement : Regards, Recherches, Réflexions*. Vol. 6, *Éducation à l'environnement et institutions scolaires*, p. 119-136.
- GIRAULT Y. (2005). Des recherches participatives aux communautés d'apprentissage en ERE : des situations de co-construction de savoirs en ERE. In *Le croisement des savoirs au cœur des recherches en éducation relative à l'environnement. Épistémologies, méthodologies, enjeux et défis*. Québec : Publication de l'ACFAS.
- GIRAULT Y., GIRAULT M. (2004). *L'aléatoire et le vivant*. Québec : Presses de l'université Laval, 199 p.
- HABERMAS J. (1973). *La technique et la science comme idéologie*. Paris : Gallimard.
- IRWIN A. (2001). Constructing the scientific citizen : science and democracy in the biosciences. *Public Understanding of Science*, 10, p. 1-18.
- ISHIZAWA J. & RENFIGO G. (2009). Biodiversity regeneration and intercultural knowledge transmission in the Peruvian Andes. In P. Bates, M. Chiba, S. Kube & D. Nakashima (éd.), *Learning and Knowing in Indigenous Societies Today*. UNESCO : Paris, p. 59-71.
- JACOBI D. (1984). Auteurs et lecteurs de la recherche. Une illustration de la thèse de la continuité, *Bulletin de la Bibliothèque de France*. n° 29, p. 484-491.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE M. P. & PEREIRO-MUNOZ C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers ? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, n° 24, p. 1171-1190.
- JOSHUA S. (1994). Acculturation scientifique : plaidoyer pour l'école. Giordan A., Martinand J.-L., Raichvarg D. (éd), *L'alphabétisation scientifique et technique*, Actes des XVI^{es} Journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques, techniques et industrielles, p. 37-43.
- JOHNSUA S. & DUPIN J.-J. (1989). *Représentations et modélisations. Le débat scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.
- KATZ C. (1986). Children and the Environment: Work, Play and Learning in Rural Sudan. *Children's Environments Quarterly*, vol. 3, n° 4, p. 43-51.
- KELLY T. E. (1986). Discussing controversial issues: Four perspectives on the teacher's role, *Theory and Research in Social Education*, n° 19, p. 113-138.
- KOLSTØ S. D. (2000). Consensus Projects: teaching science for citizenship. Research Report, *International Journal of Science Education*, n° 22, p. 645-664.

- KOLSTØ S. D, BUNGUM B., ARNESEN E., ISNES A., KRISTENSEN T., MATHIASSEN K. *et al.*. (2006) Science students' critical examination of scientific information related to socio-scientific issues. *Science Education*, 90, p. 632-655.
- KOLSTØ S. D. (2008). Science education for democratic citizenship through the use of the history of science. *Science & Education*, 17 (8-9), p. 977–997.
- KUPIEC J.-J. (2008). *L'origine des individus*. Paris : Fayard.
- LANGE J.-M. (2007). Quelles finalités pour l'EEDD en milieu scolaire ? Actes du colloque *L'éducation à l'environnement pour un développement durable : informer, former, éduquer ?*, Montpellier, juin 2007.
- LANGE J.-M. (2008). L'éducation au développement durable au regard des spécialités enseignantes. *Aster*, n° 46. p. 123-154.
- LAROCHELLE M., DESAUTELS J. & PEPIN Y. (1994). *Étude de la pertinence et de la viabilité d'une stratégie de formation à l'enseignement des sciences*. Rapport de recherche présenté au Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.
- LECOURT D. (1974). *Pour une critique de l'épistémologie (Bachelard, Canguilhem, Foucault)*. Paris : François Maspéro.
- LECOURT D. (1990). *Contre la peur*. Paris : Hachette.
- LECOURT D. (1997). *L'avenir du progrès*. Paris : Éd. Textuel.
- LECOURT D. (2003). *Humain post humain*. Paris : PUF.
- LECOURT D. (2008). *Georges Canguilhem*. Paris : PUF.
- LECOURT D. (2009). *L'âge de la peur. Éthique, science et société*. Montrouge : Bayard.
- LEGARDEZ A., SIMONNEAUX L. (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*. Paris : ESF.
- LEVI-STRAUSS C. (1962, rééd. 1990). *La pensée sauvage*. Paris : Pocket, coll. Agora, 347 p.
- LEVY-LEBLOND J.M. (1992). About misunderstandings. *Public Understanding of Science*, 1, p. 17-21.
- LEWANDOWSKI S. (2007). Les savoirs locaux au Burkina Faso. Enjeux pédagogiques et sociaux. *Ethnologie Française*, XXXVII, 4, p. 605-613.
- LEWANDOWSKI S. (2007). *Le savoir pluriel ? Ecole, formation et savoirs locaux dans la société gourmantché au Burkina Faso*. Thèse de troisième cycle, EHESS, Paris, 673 p.
- LEWENSTEIN B. V. (1992). The meaning of "public understanding of science" in The United States after World War II. *Public understanding of science*, vol. 1, n° 1, p. 45-68.

- LEWENSTEIN B.V. & BONNEY R. (2004). Different ways of looking at public Understanding of Research. In D. Chittenden, G. Farmelo & B.V. Lewenstein (éd.), *Museums and the Public Understanding of Current Research*. Lanham : AltaMira Press (Rowman & Littlefield Publishers), 400 p.
- LHOSTE Y. (2008). *Problématisation, activités langagières apprentissage les sciences de la vie. Étude de quelques débats scientifiques dans la classe dans deux thèmes biologiques : nutrition et évolution*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, université de Nantes, Nantes. Disponible sur Internet : <<http://www.cren-nantes.net/spip.php?article85>> (consulté le 20 avril 2010).
- LHOSTE Y. & PETERFALVI B. (2009). Problématisation et perspective curriculaire en SVT : l'exemple du concept de nutrition. *Aster*, n° 49, p. 79-108.
- MACHEREY P. (1964/2009). La philosophie de la science de Georges Canguilhem. Épistémologie et histoire des sciences. In Macherey P. *De Canguilhem à Foucault. La force des normes*. Paris : La Fabrique éditions, p. 33-70.
- MACHEREY P. (1993). De Canguilhem à Canguilhem en passant par Foucault. In Collectif. *Georges Canguilhem. Philosophe, historien des sciences*. Paris : Albin Michel, p. 286-294.
- MEYERSON É. (1925). *La déduction relativiste*. Paris : Payot.
- MILLER J. D. (1983a). Scientific literacy : a conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112 (2), p. 29-48.
- MILLER J. D. (1983b). *The American people and Science Policy*. New York : Pergamon Press.
- MILLER J. D. (1992). Toward a scientific understanding of the public understanding of science and technology. *Public understanding of science, Launch Perspective*, 1, p. 23-26.
- MILLER J. D. (2003) *The conceptualization and mesurment of Policy Leadership, presentation at the annual meeting of the AAAS*, Denver, Colorado (États-Unis), 18 février 2003.
- MOULIN A.-M. (1993). La médecine moderne selon Georges Canguilhem. In Collectif. *Georges Canguilhem. Philosophe, historien des sciences*. Paris : Albin Michel, p. 121-134.
- NATIONAL SCIENCE BOARD (2008). *Science and Engineering Indicators 2008*. Arlington, National Science Foundation, 2 vol. [vol. 1, NSB 08-01; vol. 2, NSB 08-01A].
- ORANGE C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation, *Les Sciences de l'éducation, pour l'ère nouvelle*, vol. 35, n° 1, p. 25-42.
- ORANGE C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation: Le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen, *Aster*, n° 37, p. 83-107.

- ORANGE C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, n° 40, p. 3-11.
- PESTRE D. (à paraître). Penser le régime des techno-sciences en société. In J. Le Marec (éd.), *Production, appropriation, régulations des savoirs et des produits techno-scientifiques*.
- PETERFALVI B. (2001). *Obstacles et situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations. L'exemple des transformations de la matière*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation, université de Rouen, Rouen.
- PHONGSUWAN N. & CHANSANG H. (1987). Coral Reef Resources of the Tarutao National Park, Thailand. In D. Soedharma, P. Purwanto., R. Santoso, & D. M. Sitompul (éd.), *Proceedings of the Symposium on Coral Reef Management in Southeast Asia*. Bogor, SEAMEO BIOTROP, p. 141-155.
- POPPER K.R. (1991/1998). *La connaissance objective*. Paris : Aubier.
- RICHARD V. & BADER B. (2009). Science Studies and Science Education. Re-presenting the social construction of science in light of the propositions of Bruno Latour: For a renewal of the school. Conception of science in secondary schools. *Science Education*, vol. 94(4), p. 743-759.
- RENGIFO G. (2005). The Educational Culture of the Andean–Amazonian Community, *Interculture*, n° 148.
- RENNIE L. & WILLIAM G. (2002). Science centers and scientific literacy: Promoting a relationship with science. *Science Education*, vol. 86, n° 5, p. 706-26.
- REY A. (éd.) (2000). *Le Robert. Dictionnaire historique de la langue française*. Paris : Dictionnaires Le Robert.
- ROBILLARD J. (2004). Ontologies : antinomies, contradictions et autres difficultés épistémologiques du concept, *Revue STICEF*, vol. 11.
- ROQUEPLO P. (1974). *Le partage du savoir. Science, culture, vulgarisation*. Paris : Éd. du Seuil.
- ROUSSEL B. (2005). Savoirs locaux et conservation de la biodiversité : renforcer la représentation des communautés. In « Développement durable ou décroissance sélective ? » *Mouvements (Sociétés, politique, culture)*, n° 41, p. 82-88.
- RUMELHARD G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques, *Aster*, n° 24, p. 13-35.
- RUMELHARD G. (1998). Santé et pouvoir de rétablissement : concept populaire, concept scientifique, concept sociopolitique, *Aster*, n° 27, p. 125-143.
- RUMELHARD G. (2000). Sciences de la vie, philosophie, sciences humaines, *Aster*, n° 30, p. 169-192.
- RUMELHARD G. (2005). Problématisation et concept de paradigme approche épistémologique, psychologique, sociologique, *Aster*, n° 40, p. 205-223

- SADLER T. D., CHAMBERS F. W. & ZEIDLER D. L. (2004). Student conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, n° 26, p. 387-409.
- SAUVÉ L. (1997). *Pour une éducation relative à l'environnement*. Montréal : Guérin.
- SCHNEEBERGER P. & VÉRIN A. (2009). *Développer des pratiques d'oral et d'écrit en sciences. Quels enjeux pour les apprentissages à l'école ?* Lyon : INRP.
- SHAPIN S. (1992). Why the public ought to understand science-in-the-making. *Public Understanding of Science*, 1, p. 27-30.
- SIMONNEAUX L. (1995). *Approche didactique et muséologique des biotechnologies de la reproduction bovine*. Thèse de doctorat, université Claude-Bernard-Lyon 1, Lyon.
- SIMONNEAUX L. & JACOBI D. (1997). Language constraints in producing prefiguration posters for a scientific exhibition. *Public Understanding of Science*, 6, n° 4, p. 383-408.
- SIMONNEAUX L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, vol. 23, n° 9, p 903-928.
- SIMONNEAUX L. & SIMONNEAUX J. (2009, a). Socio-Scientific Reasoning influenced by identities, *Cultural Studies of Science Education*, vol. 4, n° 3, p. 705-711.
- SIMONNEAUX, L. & SIMONNEAUX, J. (2009, b). À la croisée des questions socialement vives et du développement durable : étude de la relation alimentation-environnement avec des enseignant(e)s. *Didaskalia*, n° 34, p. 67-104.
- SIMONNEAUX, L. & SIMONNEAUX, J. (2009, c). Students socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of Education for SustainableDevelopment. *Cultural Studies of Science Education*. vol. 4, n° 3, p. 657-687.
- STANDFORD Z. (2009). Traditional ecological knowledge (TEK) and biocultural diversity: a close-up look at linkages, delearning trends & changing patterns of transmission. In P. Bates, M. Chiba, S. Kube & D. Nakashima (éd.), *Learning and Knowing in Indigenous Societies Today*. Paris : UNESCO, p. 39-58.
- THOM R. (1983). *Paraboles et catastrophes*. Paris : Flammarion.
- UNESCO, P. Bates, M. Chiba, S. Kube & D. Nakashima (éd.) (2009), *Learning and Knowing in Indigenous Societies Today*. Paris : UNESCO, 128 p.
- URGELLI B. (2009). *Logiques d'engagement des enseignants face à une question socioscientifique médiatisée : le cas du réchauffement climatique*. Thèse de doctorat de didactique des sciences, sciences de l'information et de la communication, PRES-Université de Lyon, 359 p.

- VAUTIER C. (2007). Point de vue n° 3, dans *Sciences et société en mutation*, rubrique *Points de vue*, disponible sur Internet : <www.cnrs.fr/colloques/sciences-societe>.
- VIENNOT L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris : Hermann.
- VYGOTSKI L. S. (1937/1998). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute.
- WYNNE B. (1992) Public understanding of science research: new horizons or hall of mirrors? *Public understanding of science, Launch Perspective*, 1, p. 37-43.
- WONGBUSARAKUM S. (2009). Loss of traditional practices, loss of knowledge, and the sustainability of cultural and natural resources: a case of Urak Lawoi people in the Adang Archipelago, Southwest Thailand. In P. Bates, M. Chiba, S. Kube & D. Nakashima (éd.), *Learning and Knowing in Indigenous Societies Today*. Paris : UNESCO, p. 73-85.
- ZARGER R. 2002. Acquisition and transmission of subsistence knowledge by Q'eqchi'Maya in Belize. In J. Stepp, F. Wyndham and R. Zarger (éd.), *Ethnobiology and biocultural diversity*. Athène : University of Georgia Press, p. 593–603.
- ZEIDLER D.L. (1984) Moral issues and social policy in Science Education. Closing the literacy gap. *Science Education*, n° 68, p. 411-419.
- ZENT S. (2009). Traditional ecological knowledge (TEK) and biocultural diversity: a close-up look at linkages, delearning trends & changing patterns of transmission. In P. Bates, M. Chiba, S. Kube & D. Nakashima (éd.), *Learning and Knowing in Indigenous Societies Today*. Paris : UNESCO, p. 39-57.
- ZENT S. (2001). Acculturation and Ethnobotanical Knowledge Loss among the Piaroa of Venezuela: Demonstration of a Quantitative Method for the Empirical Study of TEK Change. In L. Maffi (éd.), *On Biocultural Diversity: Linking Language, Knowledge, and the Environment*. Washington D.C. : Smithsonian Institution Press, p. 190–211.