

Conception des sciences d'élèves de 4^e secondaire engagés dans une démarche interdisciplinaire d'enseignement des sciences sur les changements climatiques

Résumé : Ce texte présente un portrait de la conception des sciences d'élèves de 4^e secondaire à la suite de la mise à l'essai d'une démarche d'enseignement interdisciplinaire autour d'une question socialement vive à caractère environnemental (QSVE), celle des changements climatiques dans six classes de sciences de 4^e secondaire de la région de Québec. Les résultats tirés de l'analyse d'entretiens semi-dirigés avec les élèves illustrent l'intérêt de notre démarche pour les élèves et précise comment elle a enrichi leur conception des sciences. Il semble que la stratégie pédagogique privilégiée permette d'enrichir certains aspects de considérations plus actuelles sur les pratiques de recherche et les incertitudes en jeu. Les formes d'engagement citoyen que mettent de l'avant les élèves au terme de la démarche sont aussi abordées.

Barbara Bader,
et
Isabelle
Arseneau,
Université Laval,
Geneviève
Therriault,
Université du
Québec à
Rimouski



Abstract: This paper presents an overview of the testing of an interdisciplinary teaching approach around a socially controversial environmental issue, that of climate change. It took place in six science classes of Secondary 4 in Quebec City. The results from the analysis of semi-structured interviews with students illustrate the interest of this approach for students and explain how it has enriched their understanding of science. The forms of civic engagement the students put forward at the end of the process are also discussed.

De nombreuses études indiquent que les élèves du secondaire mobilisent régulièrement une vision relativement naïve des sciences (Désautels et Larochelle, 1992; Driver, Leach, Millar et Scott, 1996; Bader, 2003; Richard et Bader, 2010; Albe et Orange, 2011). Le discours scolaire courant présente en effet les sciences comme des savoirs figés, objectifs, détachés de tout contexte d'élaboration et jouissant d'un statut particulier, ce qui les rend peu négociables. Ces études traduisent l'adhésion des élèves à un certain type de rapport au savoir scientifique – c'est-à-dire un rapport au monde (la dimension épistémique), à soi (dimension identitaire) et aux autres (la dimension sociale) (Charlot, 1997; Therriault, 2008), ce qui orienterait leurs manières de s'engager dans l'apprentissage des connaissances scientifiques, tout comme leurs manières de se définir en classe de sciences et d'être avec les autres, selon leur histoire personnelle et relationnelle dans le cadre de cette discipline scolaire.

Ce rapport au savoir scientifique des élèves de la fin du secondaire serait fondé sur une conception relativement passéiste des sciences, très différente de ce que la sociologie des sciences a documenté à propos des processus d'élaboration des savoirs scientifiques (Latour, 2001). Cette conception des sciences ne tiendrait pas compte de la part de spéculations, de stratégies argumentatives, des intérêts économiques en jeu; elle n'intégrerait rien des pratiques de recherche actuelles, ni de l'inscription contextuelle des connaissances scientifiques. Ce faisant, elle n'inviterait pas les élèves à s'engager dans les débats que les sciences soulèvent en société et conduirait plutôt les élèves à s'en remettre prioritairement aux experts. Elle contribuerait ainsi à un certain désengagement des élèves dans les cours de sciences (Bader, 2005; Pouliot, Bader et Therriault, 2010), d'où l'importance de renouveler ce rapport aux savoirs scientifiques, vers plus de sens critique et de réflexivité.

Pour ce faire, de nombreux chercheurs recommandent aujourd'hui un enseignement citoyen des sciences qui traiterait de questions socialement vives à caractère environnemental (QSVE) (Kolsto, 2001; Legardez et Simonneaux, 2006; Ryder, 2002; Sadler, Chambers et Zeidler, 2004; Tutiaux-Guillon, 2011). Enseigner ces questions qui mobilisent et divisent tant dans la communauté savante, dans la sphère publique, qu'à l'école, permettrait par exemple aux élèves de développer un travail d'argumentation et de débat en classe sur les manières citoyennes de s'engager sur ces questions environnementales (Beitone, 2004; Schweizer et Kelly, 2005; Lhoste, 2006; Buty et Plantin, 2008; Simonneaux et Albe, 2008; Urgelli, 2009; Giral, Chamboredon et Legardez, 2010). L'impact de ce type de pédagogie innovante sur les rapports aux savoirs scientifiques et sur la motivation des élèves en sciences demeure cependant peu documenté. Nous proposons donc ici une recherche exploratoireⁱ en ce sens, en soulignant ce que nous avons documenté sur la conception des sciences des élèves concernés.

1. Une démarche d'enseignement interdisciplinaire en sciences et sa transposition en classe de 4^e secondaire

Pour enrichir la conception des sciences des élèves, nous avons mis au point une démarche d'enseignement interdisciplinaire en classe de sciences de 4^e secondaire. Il s'agit d'une stratégie didactique qui s'inspire de la méthodologie dite de « l'îlot interdisciplinaire de rationalité » de Gérard Fourez (Fourez, Maingain et Dufour, 2002). Cette démarche comporte différentes étapes et vise l'élaboration d'une représentation interdisciplinaire d'un problème, d'une notion ou d'une situation. Celle-ci permet, au final, de se donner des moyens de répondre à la question : « De quoi s'agit-il ? ». Le concept d'îlot de rationalité renvoie en fait à une métaphore évoquant « des connaissances à propos d'une situation précise, émergeant au milieu d'un océan d'ignorance » (Fourez, 1994, p. 57). L'îlot ou la représentation est donc le fruit d'un travail interdisciplinaire où sont mises à contribution différentes disciplines et expertises. Il est aussi fonction d'un contexte particulier, d'un projet, du type de production attendu, des intérêts des acteurs impliqués dans la démarche (enseignants, élèves...) et de ses « destinataires ». Cette modélisation permet également des discussions et prises de décision en regard de la question à l'étude.

Selon Simonneaux et Albe (2008), la construction d'une représentation interdisciplinaire à la manière des « îlots de rationalité » de Gérard Fourez peut éclairer la construction sociale des savoirs scientifiques en y explicitant certains aspects. Les différentes étapes de cette démarche d'enseignement peuvent en effet amener les élèves à réfléchir au caractère négocié et situé des connaissances, aux incertitudes qui demeurent, à considérer plusieurs domaines de connaissances afin de documenter une question de manière interdisciplinaire avant de prendre position. La mise en œuvre de cette démarche en sciences privilégie un rapport émancipatoire au savoir scientifique et traduit l'adhésion à une posture épistémologique de type socioconstructiviste. Les élèves y sont autorisés à débattre des questions environnementales et à prendre des décisions à propos de celles-ci, poursuivant ainsi une finalité d'éducation citoyenne.

Notre projet de recherche a donc consisté à mettre en œuvre une démarche d'enseignement sur les changements climatiques, inspirée de celle de l'îlot de rationalité, et à vérifier dans quelle mesure ce type de pédagogie innovante permettait d'enrichir les conceptions des sciences des élèves.

À cet effet, une démarche inspirée de la méthode de l'îlot interdisciplinaire de rationalité (Therriault et Bader, 2009) a donc été menée dans six classes de sciences et technologies de 4^e secondaire d'une école d'un milieu urbain et

favorisé de la région de Québec. Nos résultats indiquent certaines prises de conscience sur la nature des sciences chez les élèves tout comme l'intérêt des élèves pour cette approche et leur engagement authentique dans les apprentissages, mais elle souligne aussi des limites quant à l'apport de cet enseignement. Examinons plus en détail certains de ces aspects.

Les élèves devaient fournir des éléments de réponse à deux questions guides posées en début de démarche : *Est-ce que la science peut nous dire comment agir ? Que devons-nous faire face à la perspective des changements climatiques ?* Les étapes du projet étaient ensuite celles-ci :

- 1) la préparation et la présentation du projet en classe par les enseignants;
- 2) le recueil des conceptions initiales des élèves sur les changements climatiques et de connaissances scientifiques pertinentes suite à l'écoute d'un dialogue entre deux chercheurs dont les prises de position à l'égard de la question s'avèrent opposées;
- 3) le choix d'un thème à documenter, différent dans chaque équipe;
- 4) l'enrichissement des connaissances par la recherche d'informations et le recours aux principes d'au moins deux disciplines scientifiques;
- 5) la documentation d'une pratique de recherche portant sur les changements climatiques, d'incertitudes qui persistent et d'un élément de controverse;
- 6) l'appel à des experts afin de valider et enrichir la représentation;
- 7) la préparation d'une production concrète rendant compte de la représentation interdisciplinaire et la présentation orale des résultats de chaque équipe sur le thème de recherche qu'ils ont privilégié.

Le temps alloué pour l'activité a été limité à huit périodes de cours sur neuf jours de classe par les deux enseignants prenant part à la mise en œuvre de la situation d'apprentissage-évaluation (SAE) en classe de sciences. La séquence, telle qu'elle a été présentée aux enseignants ainsi que le contenu de chacun des cours, peut être synthétisée comme suit (Tableau 1).

Concrètement, la transposition de la démarche en classe de sciences a pris la forme de trois ensembles de documents. Premièrement, ceux destinés aux enseignants présentaient les visées pédagogiques, les critères d'évaluation des productions attendues et le déroulement de la démarche, soit le contenu de chacun des cours proposé à l'intérieur d'une séquence de huit périodes de cours. Un document pour l'élève a été créé pour que ce dernier puisse conserver des traces de chacune des étapes de sa démarche. Il contenait les

Tableau 1 : Séquence de cours proposée pour la démarche d’ilot de rationalité

Cours	Description du travail proposé par période de cours
1	<ul style="list-style-type: none"> - Amorce : écoute et lecture de la vignette² qui présente un débat entre deux chercheurs qui font l'étude des changements climatiques. - Recueil des conceptions de départ et discussion en équipe à propos des quatre questions présentées dans le document de l'élève visant à faire émerger le « cliché ». - Présentation des questions guides pour « cadrer la démarche ». - Explication par l'enseignant de la démarche et des productions finales attendues.
2	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction par l'enseignant des concepts prescrits relatifs à l'écologie, dont certains à intégrer à la synthèse finale produite par chaque équipe. - Présentation de la « grille de lecture » et de la pochette de documents à lire. - Lecture des textes dans le recueil. Documenter une pratique de recherche et un élément de controverse. Choisir un minimum de deux aspects (économiques, politiques, sociaux, éthiques, etc.) liés à ces pratiques et controverses, qui posent problème. Il s'agit ici « d'élargir le panorama ». <p>* <i>Devoir : Poursuite de la documentation et choix du sujet.</i></p>
3	<ul style="list-style-type: none"> - Suite de la recherche documentaire et lecture des textes dans le recueil afin « d'ouvrir des boîtes noires ». - Choix des concepts prescrits à approfondir, issus d'au moins deux disciplines scientifiques, en lien avec la question guide. Validation auprès de l'enseignant pour « clôturer la démarche ». - Lecture dans les manuels scolaires utilisés en classe (pages ciblées) et synthèse des concepts prescrits choisis sous la forme d'un réseau de concepts dans le document de l'élève (à inclure en annexe de l'essai).
4-5	<ul style="list-style-type: none"> - Suite de la recherche et préparation de la présentation orale sur support multimédia (local informatique). - Structuration des informations en fonction de la question guide et des préoccupations de l'équipe. - Réflexion sur l'engagement citoyen et sur la construction des sciences en société.
6	<ul style="list-style-type: none"> - « Validation avec l'expert »*, ajustements à la présentation orale et travail sur l'essai. <p>* <i>Deux scientifiques invités, spécialistes des changements climatiques, sont venus en classe lors de cette période de cours.</i></p>
7-8	<ul style="list-style-type: none"> - Présentations orales avec support multimédia (ex. présentation de type PowerPoint). - Retour sur la démarche et sur les concepts prescrits.
9	<ul style="list-style-type: none"> - Remise de l'essai rédigé par chaque équipe, c'est-à-dire la « synthèse finale » (au moins une semaine après la fin de la démarche).

consignes à suivre afin de produire les travaux évalués, soit la synthèse finale prenant la forme d'un essai et une présentation orale permettant de présenter le fruit des recherches de chacune des équipes. Troisièmement, une série d'articles documentaires choisis a été proposée aux élèves dans le but d'enrichir leurs représentations interdisciplinaires.

Précisons par ailleurs que la première période de cours débute par l'écoute d'une vignette, laquelle présente un débat fictif entre deux chercheurs étudiant les changements climatiques. Cette vignette revêt un intérêt particulier, car elle permet de faire ressortir différents aspects de la construction sociale des connaissances scientifiques (Bader, 2003; Richard et

Bader, 2010). Le débat implique deux chercheurs associés à des groupes de recherche différents et ceux-ci ont acquis une certaine crédibilité. Toutefois, leur position respective sur les changements climatiques diffère. L'un considère que les résultats de recherche actuels concernant les changements climatiques sont exacts et fiables prouvant ainsi leur existence et que l'activité humaine en serait la principale cause. Il défend la poursuite de recherches fondamentales afin de mieux comprendre le phénomène, ce qui vient légitimer des investissements importants. L'autre chercheuse soutient plutôt qu'il y a encore trop d'incertitudes, qu'il faut affiner les modélisations du climat et qu'il est difficile pour le moment de distinguer les causes humaines des causes naturelles des changements climatiques. De son point de vue, ce type de recherche coûte beaucoup trop cher. Bref, les deux chercheurs défendent des priorités de recherche qui varient selon leurs positions épistémologique et éthique divergentes.

À la suite de l'écoute de cette vignette qui éclaire différents aspects de la construction sociale des sciences, les élèves sont amenés à réfléchir par écrit à leur conception des changements climatiques et à ce que veut dire « faire des sciences ». Ils doivent noter les éléments de désaccord entre les deux scientifiques et en préciser les causes. Ensuite, les élèves doivent dire si nous possédons suffisamment de connaissances scientifiques sur les changements climatiques pour poser des gestes responsables et identifier les gestes qu'ils poseraient. C'est donc à partir de ces éléments de réponse reflétant leurs conceptions initiales de ce que veut dire « faire des sciences » que la démarche a été amorcée. Toujours pendant la première période de cours, les questions guides du projet sont posées : (1) *Est-ce que la science peut nous dire comment agir ?* (2) *Que devons-nous faire face à la perspective des changements climatiques ?* Chaque équipe choisissait ensuite un sujet qui l'intéressait pour en proposer une représentation interdisciplinaire ou du moins « bi » disciplinaire en fin de démarche. Une diversité de sujets choisis était donc attendue, lesquels ont tous été présentés lors de la mise en commun des travaux d'équipe.

La SAE telle que brièvement présentée dans le tableau 1 est donc fortement inspirée de la démarche d'îlot de rationalité puisqu'elle en reprend certaines étapes. En effet, on fait d'abord émerger les conceptions spontanées (le cliché), suit l'élargissement du panorama par la recherche documentaire. Le choix du thème par équipe peut être vu comme une première bifurcation faite en fonction du contexte et du projet de chacune des équipes de travail. Viennent enfin les étapes de clôture de la démarche et d'ouverture des boîtes noires lors de l'approfondissement des principes scientifiques et des enjeux reliés au thème traité, à l'élément de controverse et à la pratique de recherche. Pour finir, la rencontre avec les experts permet de valider la représentation complexe avant de rédiger l'essai, ici la synthèse finale. C'est à la fin de cette

démarche que les équipes de travail ont été invitées sur une base volontaire à participer à des entretiens semi-dirigés pour les fins de notre recherche.

2. Le recueil des données par entretiens semi-dirigés

Douze entretiens ont été réalisés en groupe de deux ou trois élèves et 32 élèves ont été sollicités, provenant de deux classes. Pour effectuer la démarche interdisciplinaire, chaque classe a été divisée en plus ou moins onze équipes de travail.

Les questions du canevas d'entretien proposent un retour sur les différentes étapes de la démarche telle que menée en classe. Les élèves ont eu à (1) réfléchir sur le débat entre les deux chercheurs (la vignette), sur ce qu'ils en retiennent et s'ils pensent que ceux-ci sont de bons chercheurs. Cette première question visait à éclairer leur conception de ce que peut vouloir dire « être un bon chercheur ». Les élèves ont ainsi été amenés à discuter des recherches sur l'évolution du climat, une « science en train de se faire ». Il leur a aussi été demandé de préciser s'ils donnaient plus de valeur à un scientifique plutôt qu'à un autre, et sur la base de quels arguments. Ensuite, on revenait sur la (2) pratique de recherche et sur la (3) controverse qu'ils ont documentées, sur ce que ces étapes de la démarche leur ont permis d'apprendre et sur l'intérêt selon eux de cette étape. Il s'agissait de faire ressortir leur conception du travail des chercheurs et de vérifier s'ils s'attendaient à ce qu'il y ait des controverses, des désaccords ou des négociations lorsqu'on « fait des sciences ». Il s'agissait aussi de voir si cette partie de la démarche représentait une nouveauté pour eux, c'est-à-dire si les termes « pratique de recherche » et « controverse scientifique » leur étaient familiers et ce qu'ils en comprenaient. Ces deux questions visaient également à vérifier dans quelle mesure ils ont compris la démarche et de quelle façon ils ont questionné certaines disciplines pour construire leur représentation « interdisciplinaire ». Une autre question portait sur (4) le choix des concepts prescrits, la compréhension qu'ils en retirent et sur l'utilité de cette étape selon eux. (5) La contribution de la rencontre avec l'expert était aussi questionnée. Enfin, il a été question de leurs réponses aux deux (6) questions guides pour voir si selon eux il faudrait passer à l'action malgré les incertitudes sur les changements climatiques. Autrement dit, il s'agit de cerner ce qui justifie la portée de leurs actions. Ces dernières questions permettaient aux élèves d'expliquer le lien qu'ils établissent entre les connaissances scientifiques et l'engagement citoyen. Ces questions permettaient également de revenir sur leur conception des sciences considérant les controverses, les incertitudes et la complexité des questions relatives aux changements climatiques.

Les différentes questions d'entretien permettaient ainsi de cerner leur conception des sciences, leur relation à l'expertise scientifique et le lien qu'il pourrait y avoir entre leur conception des « connaissances scientifiques » sur les changements climatiques et les formes d'engagement citoyen qu'ils privilégient. Une analyse thématique (Paillé et Mucchielli, 2008) des verbatim de ces entretiens a été menée par Isabelle Arseneau³. Nous en présentons ici quelques résultats particulièrement intéressants.

3. Des pratiques de recherche et des controverses en sciences : une nouveauté

À partir de l'analyse thématique réalisée, nous nous intéressons plus spécifiquement dans ce qui suit à ce que les élèves nous disent concernant les pratiques de recherche, les incertitudes, et les controverses scientifiques. Ces éléments nous permettent de vérifier si cette démarche a contribué à une réflexion de nature épistémologique sur la construction des sciences en société.

3.1 Les pratiques de recherche et les raisons de désaccord entre scientifiques

La démarche interdisciplinaire proposait aux élèves de documenter une pratique de recherche et d'en intégrer certains aspects à leur représentation interdisciplinaire. Sur ce sujet, trois thèmes ressortent de façon plus marquée de l'analyse thématique des verbatim (Tableau 2).

Tableau 2 : Définitions et caractéristiques des pratiques de recherche

<ul style="list-style-type: none">• Expression nouvelle et intérêt :<ul style="list-style-type: none">- Intéressant- Sujet inhabituel- Pour être plus critique- Faire des liens sciences-société • Moyen pour collecter des données :<ul style="list-style-type: none">- Sur le terrain- En laboratoire- Avec des instruments de mesure- Comme un protocole de recherche • Ce qui explique les désaccords entre chercheurs :<ul style="list-style-type: none">- Ils font valoir leur pratique- Ils ont des intérêts différents- Résultats différents, selon les pratiques de recherche- Les preuves sont dans la nature

D'abord, il apparaît assez clairement que le concept même de « pratique de recherche » est nouveau pour plusieurs, puisque la majorité des élèves interrogés n'ont pas compris au départ ce qui était attendu dans cette étape du travail. Il semble que ces élèves ne se soient jamais, ou du moins très peu, questionnés sur la façon dont les chercheurs élaboraient la connaissance scientifique. Même s'il a été largement démontré qu'il semble nécessaire de développer chez les jeunes une conception des sciences comme procédés plutôt que comme produits (Kolstø, 2001), il semble que bien peu d'activités pédagogiques le permettent. Malgré cela, cette étape de la démarche a été jugée intéressante par les élèves, notamment parce que les sujets abordés étaient inhabituels⁴. Les élèves soulignent également que cette étape leur a permis d'être plus critiques en leur donnant l'occasion de mieux comprendre comment sont élaborées les connaissances scientifiques. Lewis et Leach (2006) précisent bien qu'un curriculum scolaire qui intègre des concepts scientifiques de base à une meilleure idée de la nature et des limites de la science serait une manière adéquate de préparer les jeunes pour un futur engagement citoyen. Cette idée du développement du sens critique exprimée par les élèves va donc dans le même sens. De plus, ceci rejoint le Programme de formation de l'école québécoise (PFÉQ) (MELS, 2007) et le développement chez les élèves des habiletés à négocier et se forger leur opinion en étant informés.

[...] c'était intéressant, mais c'était plus flou au début parce qu'on ne savait pas c'était quoi le terme (v7).

Bien, pratique de recherche, cela consiste à regarder comment ils ont fait pour étudier la température, étudier la climatologie (v7).

La pratique de recherche, en fait, c'était comme, de trouver un moyen que les scientifiques utilisaient pour déterminer un changement climatique, je crois (v8).

Ceci dit, il faut noter que les élèves questionnés définissent généralement une pratique de recherche comme un « protocole de recherche ». Les données sont collectées sur le terrain ou en laboratoire en utilisant des instruments de mesure et elles permettraient, en quelque sorte, de rendre exactement compte des phénomènes étudiés. Les élèves semblent donc concevoir la science comme une activité de recueil de données par l'expérimentation, où la rigueur de la démarche scientifique fournit des preuves, à la manière de ce que Albe (2010), Bader (2001, 2003) ou Désautels et Larochelle (1989) proposent. Les élèves ne saisissent alors peut-être pas que les pratiques de recherche peuvent prendre une multitude de formes selon les méthodes adoptées, les instruments de mesure utilisés, les perspectives d'analyse et

d'interprétation retenues, les modèles explicatifs et les cadres théoriques privilégiés. L'élaboration de la connaissance scientifique va bien au-delà d'un simple recueil empirique et est forcément orientée par des choix conceptuels qui en modifient le sens.

Comment on fait la recherche, en tant que telle, c'est quoi le côté pratique, c'est le protocole (v10)...

Je trouvais cela enrichissant là, parce qu'en sachant qu'il y a des pratiques différentes, qui mènent à des conclusions différentes [...] on ne peut pas se faire passer n'importe quoi. [...] Ils nous passent quelque chose à la télé, ils nous disent qu'il se passe telle affaire. [...] Comment ils sont arrivés à cela ? On peut voir en cherchant les pratiques de recherche qu'est-ce qui peut être le plus fiable (v2).

Sur ce point, l'argument selon lequel les résultats de recherche peuvent être différents selon les pratiques de recherche utilisées pour étudier le même phénomène a été utilisé plusieurs fois pour expliquer le désaccord entre les chercheurs. Certains élèves mentionnent que les réponses des chercheurs sont différentes, car ceux-ci ont approfondi des questions différentes sur la base d'intérêts différents. Selon ces élèves, les chercheurs n'ont pas mené leur travail de recherche « de la même façon ». S'ils avaient « cherché de la même façon », ils auraient nécessairement trouvé les mêmes réponses. Les preuves scientifiques semblent donc être perçues une fois encore, comme une « révélation » de ce qui se passe exactement dans la nature (Désautels et Larochelle, 1989; Driver et coll., 1996; Bader, 2001, 2003). Autrement dit, deux scientifiques qui conduisent la même expérience au même endroit vont nécessairement arriver à la même description de la nature, une conception empiriste et réaliste de la science que beaucoup de jeunes entretiennent toujours (Bader, 2001, 2003; Larochelle et Désautels, 2003).

Néanmoins, il semble que les élèves interrogés ont tout de même été amenés à réfléchir au travail scientifique, soit à la « science qui se fait » dans le cadre de notre démarche, ce qui représentait un élément de nouveauté intéressant pour eux. Ils ont été capables de définir ce qu'est une pratique de recherche, même si cette définition reste à complexifier. Ils ont été en mesure de questionner la validité des données scientifiques et leurs limites, c'est-à-dire devenir plus critiques, tout en documentant différentes études actuelles sur les changements climatiques.

3.2 Les controverses scientifiques

Parallèlement à l'étape de documentation d'une pratique de recherche, les élèves devaient faire le point sur une controverse scientifique en lien avec le

sujet choisi, pour ensuite construire leur représentation interdisciplinaire. Ils ont d'abord eu à réfléchir sur cette idée de controverse scientifique lors de l'écoute en classe du débat entre deux chercheurs. C'est à partir des réponses des élèves concernant ces deux parties de la démarche que les thèmes centraux relatifs à l'idée de désaccords ont pu être regroupés (Tableau 3).

Tableau 3 : Éléments de réflexion des élèves sur les controverses en sciences

<ul style="list-style-type: none"> • Élément de nouveauté : <ul style="list-style-type: none"> - Il y a plusieurs points de vue dans la communauté scientifique - Les controverses scientifiques peuvent être aussi politiques • Intérêt à aborder les controverses sur les changements climatiques : <ul style="list-style-type: none"> - Pour être plus critique - Pour réfléchir sur les différentes positions des scientifiques - Pour mieux voir la complexité des questions • Difficile de prendre position : <ul style="list-style-type: none"> - Conclusions différentes selon les pratiques de recherche - Pas encore de preuve (phénomène récent) - Les deux positions doivent être considérées
--

À propos de l'idée de controverses, il semble d'abord que l'expression soit plus familière pour les élèves que celle de « pratique de recherche », bien que plusieurs éléments de nouveauté aient aussi été soulevés par les élèves. À titre d'exemple, certains ont semblé surpris de constater qu'il existe plusieurs points de vue différents dans la communauté scientifique. Il est intéressant de souligner que l'idée selon laquelle les connaissances scientifiques ne sont pas issues d'un individu, mais qu'elles sont plutôt le produit d'une communauté, semble ressortir. En d'autres mots, s'initier à concevoir les sciences comme étant une entreprise sociale ne semble pas hors de la portée des élèves. Cela dit, même s'ils s'attendaient à voir certaines controverses, ils ont paru étonnés de constater la diversité des controverses sur la question climatique. Il semblait aussi inhabituel pour les élèves de constater que les controverses scientifiques peuvent être de nature politique, comme dans le cas de la gouvernance du passage nord-ouest, un sujet documenté par une équipe.

Comme c'était le projet, je me suis dit qu'il allait sûrement y [des controverses] en avoir. Mais, je ne savais pas qu'il allait y en avoir [...] une aussi flagrante que ça (v2).

Moi, j'étais trop naïve! Moi, je croyais trop ce que les climatologues disaient (v6).

Mais dans le fond, il y a des controverses dont on ne parle pas toujours, mais que c'est une controverse (v5).

On peut donc dire qu'il semble nouveau pour eux d'envisager que les débats et les désaccords entre chercheurs puissent faire partie du processus de production des savoirs scientifiques. Ces élèves n'ont pas eu souvent l'occasion de réfléchir aux sciences comme constructions sociales qui impliquent inévitablement des controverses et des négociations.

D'un autre côté, il apparaît clairement que cet aspect de la démarche a été intéressant pour les élèves, ce qu'ils ont mentionné à plusieurs reprises lors des entretiens. Il est intéressant pour eux de réfléchir aux différentes positions défendues par les scientifiques, ce qui contribuerait à développer leur sens critique et qui serait motivant. Enfin, plusieurs ont souligné que le fait de traiter des controverses permet de mieux saisir la complexité des questions. En d'autres mots, aborder les dimensions sociales, économiques ou politiques enrichit la compréhension des controverses entourant les changements climatiques.

Malgré cela, un certain inconfort demeure quant à la possibilité que deux chercheurs n'arrivent pas aux mêmes conclusions. Aux dires des élèves, il ne semble pas y avoir suffisamment de preuves, notamment parce que l'étude des changements climatiques demeure récente, un élément qui se retrouve également dans Bader (2001). Pour les élèves, lorsque les sciences auront suffisamment progressé, les incertitudes seront levées, ce qui permettra de clore le désaccord. La majorité des élèves interrogés ne semblent donc pas reconnaître que les désaccords et les incertitudes sont intrinsèques à la recherche. Ainsi, les élèves interrogés semblent plutôt associer ces désaccords et ces incertitudes à un manque de maturité des recherches scientifiques dans le domaine des changements climatiques. Parallèlement, il semble « normal » que les conclusions soient différentes si les preuves n'ont pas été obtenues de la même manière. Pour les élèves, il s'avère donc difficile de prendre position. Comme l'ont démontré Lewis et Leach (2006), il semble que les élèves n'ayant pas d'expérience pour discuter de telles controverses trouvent souvent difficile d'articuler leur position.

3.3 Agir malgré les incertitudes et poursuivre la recherche

Cela dit, bien que les élèves accordent un certain statut d'autorité à l'expertise scientifique et aux preuves qu'ils produisent, et bien que les élèves interrogés soient capables de reconnaître l'existence des controverses et des incertitudes lorsqu'il est question des changements climatiques, il apparaît évident pour ces élèves que la logique prioritaire soit l'action. Même si des incertitudes demeurent, il faut agir, et ce, pour différentes raisons (Tableau 4).

Tableau 4 : En sait-on assez pour agir face à la question climatique ?

- **Agir, même dans l'incertitude :**
 - Car la cause est humaine, donc c'est un problème de société
 - Ne peut qu'améliorer certains aspects de la vie
 - Avant qu'il ne soit trop tard (il a des risques)
 - Il y a déjà des connaissances et des preuves
 - Mais les actions entraînent des risques sur les conséquences
 - Les découvertes sont imprévisibles

- **S'engager individuellement à poser des gestes « verts » :**
 - Tout le monde doit en faire
 - Les jeunes sont plus conscients, mais moins puissants
 - Les valeurs comptent beaucoup

D'abord, certains élèves, tout comme ceux questionnés par Sadler, Chambers et Zeidler (2004), affirment que c'est l'être humain qui a causé le problème des changements climatiques ou que ce problème impliquera des conséquences qui affecteront la société. Les élèves interrogés précisent généralement que même s'il reste des incertitudes, il y a des connaissances et des preuves scientifiques sur lesquelles il est possible de s'appuyer pour justifier qu'il faut agir. Il est néanmoins très intéressant de constater que les concepts de risque et de précaution ont été abordés par certains élèves. Ceux-ci semblent effectivement reconnaître que les conséquences des changements climatiques entraîneraient des risques pour les populations. Pour cette raison, il faut agir avant qu'il ne soit trop tard. De plus, des élèves mentionnent le caractère imprévisible et incertain des découvertes scientifiques. Ils précisent aussi les risques relativement aux incertitudes qui demeurent par rapport aux conséquences possibles des actions posées. Celles-ci pourraient entraîner des conséquences négatives de diverses natures, comme une équipe l'a expliqué à partir de l'exemple des biocarburants en lien avec la crise alimentaire.

On peut comme agir parce qu'on peut aussi utiliser notre jugement pour savoir si c'est [les changements climatiques] vrai (v11).

S'il y a une urgence comme ça, puis s'il y a quelque chose que les scientifiques (ne) sont pas en accord puis qu'il y a bel et bien des changements climatiques. [...] cela semble logique qu'on agisse quand même [...]. Tu n'as pas besoin de connaître tous les aspects pour savoir qu'il faut y faire face (v2).

Je pense que oui, parce que si on fait rien, justement, tu sais, tant qu'à rien faire puis qu'on prenne le risque plus tard puis que finalement, on aurait dû

agir, bien on est mieux de faire quelque chose puis se rendre compte que cela a été utile que de se rendre compte qu'on aurait dû agir (v4).

De plus, lorsque les élèves interrogés proposent des actions, ils semblent partager l'idée que c'est en multipliant les actions individuelles, ou les « petits gestes verts », qu'un réel changement sera possible. Leurs réponses sont souvent basées sur des valeurs, ce que certains élèves ont d'ailleurs précisé de manière explicite. Ils sont en mesure de donner des réponses réfléchies et raisonnées, mais ils ne réfèrent que rarement à la science quand ils le font. Ceci rejoint les propos Lewis et Leach (2006) lorsque ceux-ci ont traité de la prise de décision d'élèves du secondaire en situation de controverses sociotechniques. Bref, les élèves privilégient des actions sans mobiliser leur conception des sciences ou leurs connaissances scientifiques, mais plutôt en fonction de leurs valeurs personnelles, de leur expérience quotidienne et de connaissances communes. Tout comme Albe (2008) l'a constaté dans un contexte d'éducation professionnelle, plusieurs élèves ont parlé des « gestes verts » qu'il faut poser, et précisent que c'est ce qu'on leur répète depuis longtemps, sans aller plus loin sur les raisons pour lesquelles ces actions sont utiles par rapport aux changements climatiques. Pour eux, ces « petits gestes verts » ne peuvent qu'avoir un impact positif, sans que cette idée soit clairement justifiée. En somme, les élèves soutiennent qu'il faut agir maintenant sur les changements climatiques et ils semblent aussi unanimes pour dire qu'il faut poursuivre la recherche (Tableau 5).

Sans savoir exactement, scientifiquement, tout tout ce que cela fait, je crois que les gens ont assez de conséquences pour savoir qu'il faut que tu recycles, que tu fasses du compost, qu'il ne faut pas trop consommer, favoriser les produits locaux. [...] c'est pas une excuse de dire qu'on n'est pas assez informés (v8).

Ou bien seulement parce que c'est environnemental, je le ferais quand même. Depuis, bien le recyclage, c'est juste parce que depuis que je suis toute petite, j'ai fait tout le temps du recyclage. C'est juste une habitude. L'habitude s'est installée. Je recycle, on fait du compost (v11).

Concernant cette question, ce qui ressort le plus du discours des élèves repose encore une fois sur une épistémologie empiriste et réaliste de la production de connaissances scientifiques. Tout comme Meichtry (1993) l'a déjà discuté, il semble en effet que les élèves interrogés ne comprennent peut-être pas la nature des sciences de façon suffisante pour apprécier la nature incertaine ou provisoire des connaissances scientifiques. Lorsque certains affirment qu'il faut poursuivre la recherche pour obtenir des certitudes, il semble assez clair que ceux-ci croient que la recherche scientifique mène à des connaissances

Tableau 5 : Poursuivre la recherche sur les changements climatiques

<ul style="list-style-type: none">• Poursuivre la recherche pour mieux comprendre :<ul style="list-style-type: none">- Pour avoir des certitudes- Pour trouver des réponses- Pour faire des découvertes- Les technologies avancées ont prouvé les changements climatiques- Pour confirmer l'impact de nos gestes • L'autorité de la science :<ul style="list-style-type: none">- Il faut s'y fier- Elle peut nous dire comment agir- Baser les actions sur les faits scientifiques

qui sont irréfutables. Par exemple, c'est la science qui a mis en lumière les changements climatiques et qui cherche toujours à mieux les comprendre grâce à des « technologies avancées ». En outre, l'idée de poursuivre la recherche pour trouver des réponses et de faire des découvertes qui pourront éventuellement résoudre la problématique des changements climatiques semble partagée par certains des élèves interrogés.

Bien oui [poursuivre la recherche], parce qu'on ne connaît pas encore toutes les causes de ce qu'on a compris. Il y a encore de la controverse, il y a encore des incertitudes (v2).

[...] quand un scientifique dit que, telle affaire sur les changements climatiques, le monde va plus l'écouter parce qu'il est crédible. [...] Bien, ça aide à ce que les gens agissent plus et ils leur donnent des pistes sur comment agir aussi. Plus les scientifiques en parlent, plus les gens vont agir (v9).

4. La conception des sciences des élèves

Les réponses des élèves illustrent donc que les différentes étapes de la démarche inspirée de l'îlot de rationalité portant sur la question des changements climatiques ont permis de questionner leur conception des sciences, voire d'en enrichir certains aspects. Il est aussi possible d'affirmer que la conception des sciences qui domine chez les élèves interrogés rejoint plusieurs aspects d'une épistémologie empiriste et réaliste de ce que veut dire « faire des sciences ». La science pourrait, selon les élèves interrogés, fournir des preuves quant au fonctionnement exact de la nature. Elle serait porteuse de vérités, il faudrait donc s'y fier. Cependant, l'élément qui a le plus de poids quand il s'agit de poser des actions demeure les valeurs. Les élèves parlent

ainsi des « petits gestes verts » qu'il faut poser, par conscience environnementale, sans nécessairement en comprendre les impacts.

Les experts quant à eux sont des acteurs crédibles, qui ont un pouvoir d'influence, notamment politique. Certains élèves soutiennent que les scientifiques ont une opinion basée sur des faits réels et des études, donc difficile à mettre en doute. Les meilleurs chercheurs sont donc les plus objectifs et les plus impartiaux, ce sont par exemple ceux qui subissent le moins d'influences économiques. Les théories scientifiques semblent ainsi perçues comme émergeant des observations, des données collectées sur le terrain ou en laboratoire. Les scientifiques mettraient ainsi en œuvre différentes pratiques de recherche rigoureuses pour collecter leurs données. Dans cette logique, il faut poursuivre la recherche sur laquelle le choix des actions devrait reposer, puisque la science peut nous dire comment agir. Les élèves interrogés ont d'ailleurs souvent tendance à caractériser les finalités des sciences comme une entreprise produisant des faits, habituellement pour améliorer le bien-être des humains, plutôt que de générer des explications de toutes sortes. Autrement dit, les élèves valorisent le travail des chercheurs et ils réinvestissent leurs nouvelles connaissances sur la nature des sciences, et notamment cette idée de « pratique de recherche », dans leur conception empiriste de la production des connaissances scientifiques.

Néanmoins, à la suite de la démarche interdisciplinaire proposée, il semble que certains aspects de leur conception des sciences comme entreprise sociale aient évolué. Les élèves semblent désormais plus critiques face à la question des changements climatiques, notamment par rapport à l'information transmise par les médias. Certains ont ainsi formulé quelques mises en garde à propos de ce que disent les médias ou les scientifiques, mais qu'il faut demeurer informé et utiliser son jugement. Dans certains cas, les élèves sont en mesure d'accorder certaines limites aux connaissances scientifiques, puisqu'ils reconnaissent qu'il y a des incertitudes et des désaccords dans la communauté scientifique. Certains ont également affirmé que c'était la première fois qu'ils mettaient en doute leur conception habituelle de l'importance et des causes des changements climatiques. Cela dit, la majorité des élèves interrogés semble croire que les changements climatiques sont de causes humaines, même s'ils semblent reconnaître que des incertitudes demeurent.

Conclusion

Proposer aux élèves de documenter un thème de leur choix sur les changements climatiques et les encadrer afin de soutenir leur recherche documentaire sur la manière dont des chercheurs recueillent des données et

ont parfois des avis divergents sur les objets d'étude qui les intéressent a motivé la grande majorité des élèves. En effet, l'étape de documentation d'une pratique de recherche semble leur avoir permis de mieux comprendre la complexité de problématique des changements climatiques. Combiner l'étude des changements climatiques en sciences et en histoire a de plus constitué un croisement disciplinaire fécond qui a permis aux élèves d'enrichir leur réflexion sur cette question de sciences et de société, notamment en percevant les liens qui peuvent exister entre la recherche et la politique lorsqu'il s'agit de prendre des décisions concernant les actions à poser. Certains élèves ont aussi eu l'impression de faire des sciences plus actuelles, car en lien avec un enjeu de société qui les concerne. Ils ont également été capables d'intégrer à leur représentation interdisciplinaire diverses dimensions de la question climatique : sociale, politique ou économique, rendant compte de différents enjeux qui en sont partie intégrante.

Cela dit, il nous semble important de réfléchir davantage avec les jeunes qui terminent leurs études secondaires aux manières de réinvestir davantage les connaissances qu'ils acquièrent à l'école sur cette question environnementale dans leur engagement citoyen. Il semble que ce soient par des « gestes verts » conventionnels, sans trop en évaluer ni la pertinence, ni la portée, qu'ils agissent face aux changements climatiques, bien qu'en classe, ils puissent faire preuve de plus de sens critique. Il y a donc là tout un terrain de recherche à poursuivre. ❁

Notes

- ¹ Cette recherche a été soutenue par un financement du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH, Subvention ordinaire de recherche, B. Bader et C. Lapointe, 2008-2012) et du Fonds québécois de recherche sur la société et la culture (FQRSC, Établissement de nouveaux professeurs-chercheurs, G. Therriault, 2008-2010).
- ² Cette vignette a été adaptée en 2010 par B. Bader, S. Barma et V. Richard dans le cadre du projet de recherche de Bader et Lapointe : *Stratégie didactique novatrice en sciences et modification des rapports au savoir scientifique et à l'école d'élèves du secondaire* (CRSH, subvention ordinaire de recherche, 2008-2011).
- ³ Une analyse manuelle, assez fine, a été réalisée pour être en mesure de discuter de la récurrence des thèmes amenés par les élèves. L'ensemble de cette analyse thématique est présenté en détail dans le mémoire de maîtrise en didactique d'Isabelle Arseneau (2012). Nous en reprenons certains extraits dans ce qui suit. Les tableaux que nous présentons sont donc une synthèse des principaux thèmes qui sont ressortis lors de cette analyse.
- ⁴ On peut souligner ici que les thèmes que les différentes équipes ont approfondis sont variés. Ce sont : (1) Conférence de Copenhague ou comment imposer des contraintes de réduction des GES en tenant compte des différences économiques entre les pays industrialisés et les pays pauvres; (2) L'acidification des océans due à l'excès de CO₂ aura-t-elle un impact sur les populations de phytoplancton ? Conséquences environnementales et économiques d'une diminution du phytoplancton; (3) La gouvernance du passage nord-ouest. Enjeux économiques et politiques; (4) Causes et conséquences de la

disparition des espèces; (5) Les liens entre les changements climatiques et les phénomènes météorologiques extrêmes; (6) Les incertitudes sur les données des climatologues qui concluent au lien certain entre activités humaines et changements climatiques; (7) Les moyens dont disposaient les signataires du Protocole de Kyoto pour réduire leurs GES de 5,2 % par rapport à 1990; (8) La surconsommation comme cause indirecte des changements climatiques; (9) La diminution des populations de saumons : changements climatiques ou surpêche; (10) Efficacité des biocarburants pour réduire les GES, et avantages et inconvénients pour les pays producteurs du continent africain; (11) Les impacts du réchauffement climatique sur les populations animales et végétales australiennes; (12) Les pays riches devraient-ils aider les pays pauvres à s'adapter aux conséquences des changements climatiques ?

Notes biographiques

Barbara Bader est professeure en didactique des sciences et en éducation relative à l'environnement à la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université Laval. Elle est titulaire de la Chaire de leadership en enseignement des sciences et développement durable de l'Université Laval et chercheure régulière au Centre de recherche en éducation et formation relatives à l'environnement et à l'écocitoyenneté (Centr'ERE) de l'Université du Québec à Montréal.

Isabelle Arseneau a complété sa maîtrise en didactique des sciences à la Faculté des sciences de l'éducation de l'Université Laval. Elle est aujourd'hui professionnelle de recherche à l'Université Laval et occupe un poste de spécialiste en éducation scientifique au Centre de démonstration en sciences physiques du Cégep Garneau, à Québec.

Geneviève Therriault détient un doctorat en éducation et un postdoctorat en didactique. Elle est professeure en formation pratique au secondaire à l'Unité départementale des sciences de l'éducation de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR). Elle est également directrice des programmes de cycles supérieurs en éducation et chercheure régulière au Centre de recherche en éducation et formation relatives à l'environnement et à l'écocitoyenneté (Centr'ERE).

Références

- Albe, V. (2008). Students' positions and considerations of scientific evidence about a controversial socioscientific issue. *Science & Education*, 17(8-9), 805-827.
- Albe, V. (2010). Changements climatiques à l'école : pour une éducation sociopolitique aux sciences et à l'environnement. *Éducation relative à l'environnement : Regards – Recherches – Réflexions*, 9, 95-116.
- Albe, V. et Orange, C. (2010). Sciences des scientifiques et sciences scolaires. *Recherches en didactiques des sciences et des technologies*, 2, 19-26.
- Arseneau, I. (2012). *La conception des sciences d'élèves de 4^e secondaire dans le contexte d'une démarche inspirée de « l'îlot de rationalité » sur la question des changements climatiques*. Mémoire de maîtrise inédit. Université Laval.
- Bader, B. (2001). *Étude de conversations estudiantines autour d'une controverse entre scientifiques sur la question du réchauffement climatique*. Thèse de doctorat inédite. Université Laval.
- Bader, B. (2003). Interprétation d'une controverse scientifique : stratégies argumentatives d'adolescentes et d'adolescents québécois. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 3, 231-250.
- Bader, B. (2005). Rapprochement interdisciplinaire entre éducation aux sciences citoyenne et l'éducation relative à l'environnement : points de vue de chercheurs et formation des

- enseignants. Dans Sauvé, L., Orellana, I. et van Steenberghe, É. (dir.). *Éducation et Environnement - Un croisement de savoirs*, Collection Les Cahiers scientifiques de l'Acfas (Association francophone pour le savoir) (p. 109-119). Montréal : Fides.
- Beitone, A. (2004). *Enseigner des questions socialement vives. Note sur quelques confusions*. Contribution présentée à la 7^e biennale de l'éducation et de la formation. Lyon : Institut national de recherche pédagogique (INRP).
- Buty, C. et Plantin, C. (2008). *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage*. Lyon : Institut national de recherche pédagogique (INRP).
- Charlot, B. (1997). *Du rapport au savoir. Éléments pour une théorie*. Paris : Anthropos.
- Désautels, J. et Larochelle, M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique ? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Québec : Presses de l'Université Laval.
- Désautels, J. et Larochelle, M. (1992). *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. et Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham : Open University Press.
- Fourez, G., Maingain, A. et Dufour, B. (2002). La pédagogie des compétences dans la perspective de la transdisciplinarité. Dans Maingain, A., Dufour, B. et Fourez, G. (dir.). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité. Perspectives en Éducation et Formation* (p. 181-198). Bruxelles : Éditions De Boeck.
- Fourez, G. (1994). Des objectifs opérationnels pour l'A.S.T. [alphabétisation scientifique et technique] et îlots de rationalité. Dans Fourez, G. (avec la coll. de Engleburt-Lecomte, V., Grootaers, D., Mathy, P. et Tilman, F. (dir.). *L'alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences* (p. 49-67). Bruxelles : De Boeck.
- Giral, J., Chamboredon, M.C. et Legardez, A. (2010). Former au développement durable et à la citoyenneté par le débat situé et argumenté et la co-construction de savoirs environnementaux critiques. Dans Zélem, M.-C., Blanchard, O. et Lecomte, D. (dir.). *L'éducation au développement durable. De l'école au campus* (p. 163-174). Paris : L'Harmattan.
- Kolstø, S.D. (2001). To trust or not to trust. Pupils' was of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23, 877-901.
- Larochelle, M. et Désautels, J. (2003). Descriptions estudiantines de la nature et de la fabrication des savoirs scientifiques. Dans Lafortune, L., Deaudelin, C. et Doudin, P.-A. et Martin, D. (dir.). *Conceptions, croyances et représentations en maths, sciences et technos* (p. 149-174). Québec : Presses de l'Université du Québec (PUQ).
- Latour, B. (2001). *Le métier de chercheur. Regard d'un anthropologue*. Paris : Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
- Legardez, A. et Simonneaux, L. (dir.). (2006). *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions socialement vives*. Paris : ESF.
- Lewis, J. et Leach, J. (2006). Discussion of socio-scientific issues : The rôle of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1267-1287.
- Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3^e. Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, 42, 79-108.
- Meichtry, Y.J. (1993). The impact of science curricula on student views about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 429-443.
- MELS (2007). *Programme de deuxième cycle, Science et technologie*. Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport (MELS) : Gouvernement du Québec.
- Paillé, P. et Mucchielli, A. (2008). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Paris : Armand Colin.

- Pouliot, C., Bader, B. et Therriault, G. (2010). The notion of the Relationship to knowledge : A theoretical tool for research in science éducation. *International Journal of Environmental and Science Education*, 5(3), 239-264.
- Richard, V. et Bader, B. (2010). Re-presenting the social construction of sciences in light of the propositions of Bruno Latour : For a renewal of the school conception of science in secondary schools. *Science Education*, 94(4), 743-759.
- Ryder, J. (2002). School science education for citizenship : Strategies for teaching about the epistemology of science. *Journal of Curriculum Studies*, 34, 637-658.
- Sadler, T.D., Chambers, W. et Zeidler, D.L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409.
- Schweizer, D. et Kelly, G.J. (2005). An investigation of student engagement in a global warming debate. *Journal of Geoscience Education*, 53(1), 75-84.
- Simonneaux, L. et Albe, V. (2008). Types et domaines d'arguments utilisés dans des débats socio-scientifiques. Dans Buty, C. et Plantin, C. (dir.). *Argumenter en classe de sciences. Du débat à l'apprentissage* (p. 117-152). Lyon : Institut national de recherche pédagogique (INRP).
- Therriault, G. (2008). *Postures épistémologiques qu'adoptent des étudiants des profils science et technologie et univers social au cours de leur formation initiale à l'enseignement secondaire*. Thèse de doctorat inédite. Université du Québec à Rimouski (UQAR)/Université du Québec à Montréal (UQAM).
- Therriault, G. et Bader, B. (2009). Une démarche d'enseignement interdisciplinaire en sciences au secondaire. Un débat sur les changements climatiques pour une éducation citoyenne. *Bulletin du CRIRES - Nouvelles CSQ*, 22, 27-30.
- Tutiaux-Guillon, N. (2011). Histoire-géographie et éducation au développement durable en France : tensions et redéfinitions. Dans Bader, B. et Sauvé, L. (dir.). *Éducation, environnement et développement durable : vers une écocitoyenneté critique* (p. 125-160). Collection L'espace public. Québec : Presses de l'Université Laval.
- Urgelli, B. (2009). *Logiques d'engagement d'enseignants face à une question socioscientifique médiatisée : le cas du réchauffement climatique*. Thèse de doctorat inédite. Lyon : École normale supérieure de Lettres et sciences humaines.