



La formation à l'enseignement des sciences : le virage épistémologique

Jacques DÉSAUTELS,

Département de didactique

Marie LAROCHELLE

Département de psychopédagogie

Benoit GAGNÉ,

Département de didactique

Françoise RUEL,

Département de didactique

Faculté des sciences de l'éducation

Université Laval, Québec (Qc), G1K 7P4

Résumé

Depuis plusieurs années, les travaux que nous avons effectués dans le domaine de l'éducation à la science, suivant une perspective constructiviste, nous ont permis de distinguer, parmi les nombreux problèmes qui jalonnent l'enseignement et l'apprentissage des sciences, des problèmes d'ordre épistémologique. Dans la recherche que nous relatons succinctement dans cet article, nous nous intéressons cette fois à la formation à l'enseignement des sciences. Nous avons en particulier conçu et mis à l'épreuve, en contexte universitaire, une stratégie de formation qui, tout en puisant aux travaux contem-

porains en épistémologie, en sociologie et en histoire des sciences, se préoccupe de faciliter chez les apprentis-enseignants le développement d'un point de vue réflexif et averti à l'égard de leur propre épistémologie «spontanée» et de ses inévitables effets sur leur pratique professionnelle.

Abstract

In the last several years, within the framework of a constructivist perspective of science education, our work has allowed us to distinguish, among the problems related to teaching and learning science, some problems of an epistemological nature. This paper focuses specifically on teacher education, with particular emphasis on the conception and testing of a pedagogical strategy at the university level. Although influenced by the contemporary findings in epistemology, sociology and history of science, this strategy has encouraged the pre-service teachers to develop a reflexive and informed point of view regarding their own «spontaneous» epistemology and its inevitable effects on their professional practice.

Dans la foulée du programme de recherche¹ que nous menons depuis plusieurs années à divers ordres d'enseignement, nous avons conçu et mis à l'épreuve, en contexte universitaire, une stratégie de formation à l'enseignement des sciences. Cette stratégie pédagogique, de type constructiviste, visait à permettre aux apprentis-enseignants une mise en forme de leurs représentations à l'égard des sciences, de leur enseignement et de leur apprentissage, afin de développer un point de vue sur le sujet viable sur les plans théorique et empirique. L'une des hypothèses qui sous-tend cette recherche est que toute stratégie pédagogique prend relief et sens suivant, entre autres, l'option épistémologique de son auteur et le type de rapport au savoir qu'il a développé, dont le rapport au savoir scientifique. Or, dans le domaine où nous œuvrons, l'option qui a la faveur «spontanée» des apprentis-enseignants est le plus souvent de type empiriste, ce qui les conduit à des impasses pédagogiques non négligeables lorsque les élèves avec lesquels ils interagissent ne voient pas ce qu'ils seraient présumés voir. Cela les conduit aussi à des glissements épistémologiques et idéologiques quant à la représentation qu'ils véhiculent, explicitement ou non, des modes de pensée, de travail et de décision des scientifiques. C'est donc en vue de faciliter chez ces apprentis-enseignants un examen critique et averti de leur épistémologie spontanée, tout comme de celle que nous leur proposons, que nous avons pensé cette stra-

1. La recherche dont il est question dans cet article a été rendue possible grâce à une subvention du Conseil de Recherches en Sciences Humaines du Canada. De plus, Françoise Ruel et Benoît Gagné ont bénéficié d'une bourse d'excellence pour des études de doctorat du Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche du gouvernement du Québec.

tégie. Toutefois, avant de présenter quelques éléments de celle-ci et quelques illustrations de ses "effets", voyons comment une épistémologie qui s'ignore a tout de même des effets très pratiques qui, dans le cas relaté et que nous empruntons à Geddis (1988), ne sont pas très heureux !

1. LES MÉSAVENTURES PÉDAGOGIQUES DE M. WINTERS

Nous sommes dans une classe du Secondaire où le concept à l'étude est celui de transformation chimique. M. Winters, l'enseignant, s'inspire d'un manuel qui propose en guise d'introduction à ce thème le cas de la formation des images sur la pellicule d'un appareil photo Polaroid. L'expérience de "démonstration" en cause est celle de la photosensibilité du chlorure d'argent, dans le but de jeter les bases pour expliquer la variation de la qualité des images photographiques suivant les conditions de lumière qui président à leur production : images sombres et indistinctes lorsque la photographie est prise dans des environnements sombres, images claires et délavées lorsque l'environnement est très éclairé.

A cet effet, M. Winters confie aux élèves (par groupes de deux) trois tubes transparents de chlorure d'argent, l'un de ces tubes devant être placé à l'obscurité (dans le placard), un autre à la lumière du jour (sur le rebord de la fenêtre) et, enfin, un dernier à la lumière ambiante, soit sur leur pupitre. Il leur demande d'observer chaque tube après trois minutes, six minutes et neuf minutes d'exposition, puis de consigner leurs observations sur la feuille conçue à cet effet par l'auteur du manuel. Sur cette feuille il est rappelé aux élèves que cette expérimentation leur permettra d'étudier plus à fond "*le **changement** qui se produit lorsque la lumière intervient dans la fabrication des images qui leur ont été présentées. Cette information pourra être alors utilisée pour donner une explication complète du processus de production d'une photographie*" (cité dans Geddis, 1988, p.13).

De manière générale, les élèves notent que seul le chlorure d'argent exposé à la lumière du jour a changé de coloration. L'extrait suivant, qui relate l'échange qui s'est alors tenu entre M. Winters et les élèves, est particulièrement instructif quant aux prémisses épistémologiques qui orientent l'intervention de l'enseignant :

1. M. Winters : Très bien. Que s'est-il passé ? Décrivez-moi ce qui s'est passé sur le pupitre. Vous avez obtenu... Prenez vos feuilles.
2. Un étudiant : Ils étaient tous deux encore clairs.
3. M. Winters : Depuis neuf minutes ? Aucun changement ?
4. Un étudiant : Non.
5. M. Winters : Pas de changement ? Personne n'a observé de changement ?... sur le bureau, quand ils étaient sur le bureau.
6. Nora : Celui à la fenêtre a changé.

7. M. Winters : Non, je parle de celui sur le bureau.
8. Les étudiants : Oh !
9. M. Winters : Ken ? Pas de changement du tout ?
10. Ken : Non. (Inaudible)
11. M. Winters : Personne n'a obtenu de changement quel qu'il soit ?
12. Dave : C'est devenu juste un petit peu plus foncé.
13. M. Winters : Un petit peu plus foncé ?
14. Dave : Oui, bien, c'est ... c'est comme, comme, euh, un nuage blanc et il ... il est devenu juste un petit peu plus gris.
15. M. Winters : Est-ce ... Est-ce normal ? Vous attendiez-vous qu'il devienne un petit peu plus grisâtre, un petit peu plus pourpre ?
16. Dave : Bien, pas dans la lumière de la pièce. Peut-être ... il était blanc sur le dessus et il y avait un petit peu de substance grise comme ... (Inaudible) sur le bas.
17. M. Winters : Ainsi, il y a un changement chimique, une réaction chimique avec la lumière de la pièce ? Vrai ? D'accord ? Barry, vous attendiez-vous que ça arrive ? ... Avez-vous regardé très soigneusement ?
18. Barry : Non, je n'ai pas pensé que ... (Inaudible) fenêtre.
19. M. Winters Oh ! (petit rire) (Inaudible)
20. Barry : Ça n'a pas changé beaucoup.
21. M. Winters : Oh, mais vous n'avez pas regardé soigneusement ... minutieusement.
22. Barry : Je l'ai regardé avant.

Apparemment anodin ne serait-ce que par sa brièveté, cet épisode illustre néanmoins les effets bien pédagogiques du point de vue, ici empiriste, qu'entretient M. Winters à l'égard de la connaissance et de son appropriation. En effet, M. Winters soumet aux élèves une tâche avec pour seule consigne d'"observer", comme si les faits ou les données de la tâche allaient transmettre d'eux-mêmes leur charge cognitive aux élèves. On reconnaît dans cette organisation des activités pédagogiques l'un des éléments de la perspective empirico-réaliste de la connaissance, soit la croyance en l'évidence comme source de connaissances.

Cette croyance habite également le pseudo-protocole que M. Winters fournit aux élèves. Ce protocole, peu loquace sur l'ancrage théorique et les conditions opératoires de l'observation, véhicule une promesse à saveur empiriste, à savoir que le "changement" attendu est en définitive la "preuve" de l'interaction "chlorure d'argent et lumière", et de surcroît le résultat d'une causalité simple entre les deux. Or, même pour un photographe du dimanche, il va de soi que chaleur et humidité peuvent contribuer au dit changement. Pourtant, ces autres possibles, selon le mot de Piaget, ne pourront être envisagés par les élèves que si la tâche s'est muée en problème pour ceux-ci, au sens où il leur est loisible d'explicitier leur compréhension spontanée, de mettre en forme leurs attentes et d'esquisser une ébauche d'explication qui guidera leur exploration ultérieure. Or, dans l'épisode sus-mentionné, rien ne permet de

penser que cette activité de théorisation ait été requise. C'est plutôt, si l'on se fie aux interventions de M. Winters, la minutie du regard qui est en cause, ce qui, par ailleurs, est conforme au rôle passif dévolu au sujet connaissant dans la perspective empiriste et qui est révélatrice d'un certain rapport au savoir. En effet, comme les caractéristiques de l'objet à connaître sont d'abord vues comme intrinsèques à celui-ci, puis divulguées par l'observation et l'expérimentation, toute activité de construction et de négociation de sens est court-circuitée, et il n'y a dès lors qu'une vérité possible. Toutefois, l'enseignant qui adhère à ce point de vue se trouve dans une fâcheuse situation lorsque les "observables" des élèves ne concordent pas avec ceux qui sont prévus par la connaissance "véridique" des phénomènes. La seule manœuvre qui lui reste alors est, comme le formule Voigt (1985), de ré-institutionnaliser le savoir officiel, le savoir valide, et ce à un coût éducatif considérable.

La façon dont M. Winters s'est sorti de l'impasse dans laquelle sa stratégie pédagogique l'a amené, est instructive à ce propos et illustre bien comment son option épistémologique, en tant que forme de rapport au savoir, structure son action pédagogique, laquelle, inévitablement, instille chez les élèves un certain type de rapport au savoir. Ainsi, puisqu'il suffit pour M. Winters de mettre les élèves (récepteurs) en présence des faits, ceux-ci ayant le pouvoir d'émettre un message (une information) clair et univoque, il est alors inévitable qu'il considère les élèves comme de piètres observateurs. Il entreprend d'ailleurs de les convaincre que c'est bien le cas et qu'ils auraient dû noter à tout le moins une petite différence (paragraphe 13 à 22). Les élèves doivent donc nier la valeur de leurs propres compétences cognitives : ils n'ont pas vu ce qu'ils auraient dû voir, si M. Winters dit vrai. Mais selon quel type d'argumentation ce dernier peut-il les convaincre ? Notons tout d'abord que les observations rapportées par les élèves ne s'accordant pas avec l'explication officielle, celle-ci leur est alors imposée (paragraphe 17) en vertu non seulement de l'option épistémologique (toujours implicite) de M. Winters, mais aussi de l'autorité qui lui est dévolue par l'institution. C'est ce qui légitime M. Winters d'affirmer qu'il y a eu une réaction chimique selon le même mode langagier qu'il utiliserait pour dire qu'une pomme est tombée de l'arbre, c'est-à-dire sans précautions d'usage, sans spécification du contexte théorique que les scientifiques se sont donné pour distinguer l'interaction en question et lui conférer une certaine intelligibilité. C'est donc un argument d'autorité traditionnelle, et non pas d'autorité rationnelle (Russell, 1983), que M. Winters utilise pour dénouer l'impasse : la réaction chimique est une évidence, elle peut être pointée du doigt. En ce sens, le but de l'épisode s'apparente bien à la ré-institutionnalisation du savoir officiel et, d'une certaine façon, de la position de M. Winters dans l'institution scolaire, le tout à l'insu des élèves. Mais qu'en est-il du rapport au savoir qu'ils peuvent développer dans un tel contexte pédagogique ?

La réponse à cette question n'est certes pas simple, mais on peut penser que c'est ainsi que les élèves se fabriqueront une idée de ce qu'est le travail scientifique (Désautels & Larochelle, 1989), même si cela ne fait pas l'objet

d'un enseignement explicite (le "curriculum caché"). Il est également plausible de penser que les élèves seront ainsi amenés, tout doucement au long de leur scolarité, à se fabriquer une image dépréciative d'eux-mêmes en tant que sujets connaissant, d'autant plus qu'il leur sera constamment rappelé, plus ou moins subrepticement, que leurs schèmes de compréhension et leurs savoirs, ceux du sens commun, sont erronés, voire illusoire. Il s'agit là, et nous empruntons l'idée de Bourdieu (1980), d'une instance manifeste de domination symbolique dans la mesure où, peu à peu, les élèves sont inconsciemment amenés à appliquer les critères dominants d'évaluation (scientifiques ou pseudo-scientifiques) à leurs propres pratiques de connaissance. C'est ainsi que seront inculqués des habitus intellectuels qui les disposeront à accepter sans critique la hiérarchie sociale des connaissances et à penser que la production de ce capital symbolique est réservée à une minorité de personnes douées (Désautels & Larochelle, 1989).

En d'autres termes, toute position épistémologique et toute stratégie pédagogique qu'elle inspire font la promotion d'un certain rapport au savoir, depuis le rapport de soumission et de dépendance intellectuelle jusqu'à celui qui favorise une certaine autonomie, par le biais du contrôle réflexif sur ses propres productions de connaissance et celles des autres, dont les scientifiques. Les recherches récentes sur l'enseignement des sciences tel qu'il se fait sont instructives à ce propos et permettent d'observer que le cas de M. Winters n'est pas isolé, le théorique ayant des effets très pratiques, comme disait Sartre.

2. DE L'ENSEIGNEMENT À LA FORMATION À L'ENSEIGNEMENT

Parmi les nombreuses recherches sur l'enseignement des sciences au quotidien (Roth, Anderson & Smith, 1987 ; Tobin & Gallagher, 1987), celle conduite par Brickhouse (1990) est particulièrement éloquent quant aux relations entre le cadre épistémologique des enseignants et enseignantes et certaines dimensions de leur pratique pédagogique. Par exemple, un enseignant du Secondaire, qui conçoit la méthode scientifique comme un processus rationnel et linéaire conduisant à la vérité, pense que les procédures scientifiques sont prédéterminées et que la question de la reproductibilité des résultats des expériences est cruciale. Cela le conduit notamment, selon Brickhouse, à privilégier de façon prononcée l'obtention de la bonne réponse et, dans la conduite des travaux pratiques, à attacher plus d'importance aux aspects procéduraux qu'aux aspects conceptuels. Dans la même veine, lors d'une vaste étude ethnographique, Gallagher (1991) a mis en évidence la prépondérance de l'épistémologie empiriste dans les points de vue qu'entretiennent les enseignants à l'égard de leur objet d'enseignement. En fait, des 27 enseignants qu'il a observés durant plus de mille heures de classe, 25 s'inspireraient d'une idée de la science désuète du type empirico-réaliste pour orienter leur pratique

pédagogique. En somme, tout comme l'illustrent les mésaventures pédagogiques de M. Winters, ces travaux tendent à montrer que la représentation de la science que se font les enseignants oriente, au moins en partie, les stratégies pédagogiques qu'ils mettent en œuvre dans la classe et le laboratoire.

D'une certaine façon, ces observations ne devraient guère nous surprendre. Il est en effet reconnu que, de manière générale, les enseignants adhèrent à une vision empirico-réaliste de la science (Ogunniyi, 1982 ; Terhart, 1988) qui les conduit à privilégier un enseignement assez traditionnel dans lequel ni le statut épistémologique des élèves (en tant que re-producteurs du savoir) ni le caractère construit et social du savoir scientifique ne sont considérés. Par ailleurs, la formation des enseignants est le plus souvent étroitement disciplinaire et ne comporte que peu d'ouvertures sur les interprétations contemporaines des sciences que proposent les travaux d'épistémologie, d'histoire, de sociologie et d'anthropologie des sciences (Pickering, 1992). Dans ces conditions, les enseignants auraient assimilé, à l'instar de leur élèves, la représentation implicite aux curriculums, c'est-à-dire la version empirico-réaliste de la production du savoir scientifique (Hodson, 1988 ; Collins, 1989 ; Haggerty, 1992). C'est ainsi que se bouclerait le cycle qui va du Primaire à l'Université pour y revenir, lequel cycle assurerait la pérennité d'une certaine idée de science, tant dans l'institution scolaire que dans la société en général.

Les tentatives répétées des formateurs d'enseignants pour briser ce "cercle vicieux" se sont révélées plus ou moins fructueuses (Jungwirth & Zakhalka, 1989 ; Trumbull & Johnston Slack, 1991). Les études plus générales sur la socialisation des enseignants indiquent d'ailleurs que la mise en œuvre des programmes de formation a peu d'effets significatifs sur les représentations à l'égard de l'enseignement, de l'apprentissage, etc., que les apprentis-enseignants ont construites au cours de leur scolarisation antérieure (Zeichner & Gore, 1990). En l'occurrence, ce sont ces représentations qui constitueraient, comme le formule Jodelet (1989), les grilles conceptuelles à partir desquelles ils donnent relief et sens aux discours des formateurs et se les rendent digestes, selon l'expression de Moscovici (1984).

L'étude de Holt Reynolds (1992) illustre fort bien ce processus en montrant comment les neuf étudiants et étudiantes qu'elle a interrogés (six en enseignement d'anglais et trois en mathématiques) ont réinterprété ou rejeté les arguments de leur formateur en faveur d'un modèle constructiviste de la lecture, en s'appuyant sur leurs représentations antérieures de l'enseignement et de l'apprentissage. Ils ont ainsi interprété la relation que suggérait leur formateur entre la passivité de l'élève et le caractère essentiellement magistral d'un cours comme le seul symptôme d'un ennui ou d'un manque d'intérêt, plutôt que dans les termes d'un modèle de cognition. De même, leurs représentations du savoir comme "quelque chose" de transmissible, les a amenés à minimiser l'intérêt éducatif de certaines stratégies pédagogiques. Par exemple, le travail en petits groupes et les discussions entre élèves n'auraient pour toute

valeur, à leur avis, que de moduler le rythme de l'enseignement et d'éviter la monotonie.

Au regard de l'orientation de plus en plus constructiviste qui marque la formation à l'enseignement des sciences, l'une des leçons que l'on peut tirer de ces diverses recherches peut être formulée comme suit : en l'absence d'une considération explicite des représentations le plus souvent empiristes des apprentis-enseignants, d'un examen critique des présupposés (épistémologique, métaphysique, etc.) qui les fondent ainsi que d'une confrontation, là encore explicite, à d'autres possibles, on ne peut guère attendre qu'ils saisissent la signification des discours constructivistes qu'on leur propose, et qu'ils donnent leur aval aux propositions pédagogiques qui en découlent.

Pour comprendre les tenants et aboutissants de la rupture épistémologique que propose le constructivisme avec l'interprétation courante de l'activité cognitive, il ne suffit pas de reconnaître que la connaissance résulte de la coordination et des distinctions qu'effectue le sujet au sein de son répertoire et de ses expériences de cognition, qu'il s'agisse de l'appropriation ou de la production des savoirs. Il faut aussi comprendre que ce sujet n'est pas un cogito isolé et que son activité est éminemment sociale dans son processus comme dans ses produits. D'une part, cette activité participe d'une vision du monde et des formes de connaissance socialement reconnues dans un groupe et à une époque donnés. D'autre part, elle suppose une négociation constante entre les acteurs (de la communauté savante ou de la communauté éducative) quant à la reconnaissance de sa légitimité et de la valeur de ses produits, comme en témoignent, par exemple, l'étude de Voigt (1985) à propos de l'établissement des patterns d'interaction dans la classe, ou encore les récentes controverses scientifiques au sujet de la fusion à froid ou de la mémoire de l'eau.

Dans cette optique, il est donc nécessaire que les futurs enseignants mettent en question leurs représentations, les problématisent, c'est-à-dire construisent des problèmes là où, pour eux, il ne semble y en avoir aucun (excepté des problèmes relevant des techniques de communication de l'information, de l'intérêt-motivation des élèves et de la discipline en classe). Et cela serait d'autant plus marqué que la majorité d'entre eux, en tant qu'étudiants, auraient éprouvé peu de difficultés à cheminer dans la filière scolaire (Guns-tone, White & Fensham, 1988). En bref, la formation à l'enseignement des sciences dans une perspective constructiviste serait, pour une large part, une question de développement et de complexification conceptuels (Larochelle & Désautels, 1992).

Les didacticiens et didacticiennes des sciences se retrouvent ici en pays connu, si l'on peut dire. N'est-ce pas le type de conclusion auquel ils sont parvenus au terme du vaste programme de recherche centré sur les conceptions spontanées des élèves (Driver, 1989 ; Pfundt & Duit, 1991), à savoir qu'une pratique pédagogique ne peut faire fi du savoir des apprenants : il faut composer avec ! Cela a évidemment conduit à une révision radicale du statut

épistémologique accordé à l'élève et à ses connaissances, de même qu'à la conception de stratégies pédagogiques congruentes avec cette compréhension constructiviste (Millar, 1989 ; Lyons, 1990). Or, d'une façon similaire, il semble bien que la fécondité du projet constructiviste dans la formation à l'enseignement des sciences soit aussi tributaire de nos capacités à composer avec le savoir, cette fois, des apprentis-enseignants, et à concevoir des stratégies pédagogiques visant à les aider à le complexifier.

Dans les pages qui suivent, nous présentons brièvement quelques éléments d'une stratégie de formation à l'enseignement des sciences que nous avons conçue et mise à l'épreuve auprès de 26 apprentis-enseignants. Ils étaient tous en possession d'un premier diplôme universitaire en sciences et sept d'entre eux avaient déjà suivi un cours, lors d'études pré-universitaires, où il était question de philosophie des sciences.

3. LE CONTEXTE PÉDAGOGIQUE GÉNÉRAL

D'entrée de jeu, il faut signaler que si composer avec le savoir des étudiants n'est pas une tâche de tout repos, donner une forme pédagogique exemplaire et cohérente à cette intention ne l'est guère plus. Tout enseignant un tant soit peu rompu aux rudiments du métier connaît bien la tentation du "faites ce que je dis et non ce que je fais". Toutefois, œuvrer dans le domaine de la formation à l'enseignement rend l'abandon à cette tentation d'autant plus critique que ce n'est pas tant le modèle conceptuel proposé que retiendraient les futurs enseignants que celui que nous aurions mis en actes, si l'on peut dire. Comme nous l'avons évoqué plus haut, ce serait avant tout sur la base de leurs expériences d'apprenants qu'ils concevraient leur pratique professionnelle (Paré, 1977), ce qui laisse penser que les modèles qu'on leur présente n'acquièrent une intelligibilité et une fécondité que s'ils peuvent, en quelque sorte, les "essayer sur eux" d'abord. Par ailleurs, en conformité avec notre option constructiviste (Ruel, 1992), nous ne pouvions certes pas prétendre leur "transmettre" les enseignements de la recherche sur les problèmes d'éducation à la science, si éloquents nous paraissent-ils, pas plus que nous ne pouvions nous abstraire, c'est-à-dire faire comme si nous n'avions aucun point de vue, aucun engagement épistémologique, éthique, etc.

Nous avons donc bâti notre stratégie de formation, à visée indéniablement épistémologique, en privilégiant deux voies pédagogiques dont l'imbrication était croissante au fur et à mesure des cours. Une première voie (qui fut aussi la première chronologiquement) peut être métaphoriquement qualifiée d'épistémologie **in vivo**. Elle a pris forme en la conception et la réalisation d'activités qui invitaient les étudiants non pas à se subordonner aux discours savants sur l'épistémologie des sciences ou sur l'enseignement de celles-ci, mais bien, selon l'heureuse formule de Lebuïs (1990), à se concevoir et à se

structurer comme sujet connaissant par l'explicitation, la mise à l'épreuve et, éventuellement, la complexification de leur propre épistémologie spontanée². La réalisation de ces activités, comme de celles qui suivent, était à la fois œuvre collective (travaux d'équipe) et œuvre privée (tenue d'un journal épistémologique). Ainsi en est-il, par exemple, de l'une des activités portant sur la problématique des conceptions spontanées. Dans un premier temps, les étudiants devaient préciser individuellement leur compréhension des concepts scientifiques en jeu dans l'explication du phénomène de la propagation de la chaleur dans une tige de métal. Dans un deuxième temps, ils devaient, au sein de leur propre équipe, élaborer et étayer un consensus qui constituait la matière première des discussions ultérieures avec les autres équipes. Outre que cette activité était un préalable incontournable pour l'entretien qu'ils devaient réaliser sur le sujet avec des jeunes de la fin du Secondaire, elle a permis à la majorité des étudiants d'apprécier de façon très étroite la viabilité de la problématique en cause avant qu'elle leur soit présentée. Ainsi, la plupart ont pu prendre conscience de la pérennité des conceptions spontanées dans leur propre compréhension (dans le cas présent, leur tendance marquée à confondre les concepts de chaleur et de température).

Une seconde voie, qui s'apparente davantage à l'épistémologie **in vitro**, renvoie à la prise de connaissance systématique des savoirs établis à la fois en épistémologie et en didactique des sciences. Elle a consisté notamment en la présentation (orale et écrite) de quelques-uns des points de vue marquants sur les sciences et leur enseignement. Ainsi en est-il des activités «conférences-ateliers» par exemple, au cours desquelles les étudiants ont pu prendre connaissance tant du point de vue de théoriciens que de celui de praticiens, tels les suivants : l'apprentissage en tant qu'activité constructive (avec Ernst von Glasersfeld), les activités de métaphorisation dans les savoirs savants et populaires ainsi que dans les pratiques pédagogiques (avec Wilfrid Bilodeau), la problématique Sciences-Techniques-Sociétés dans l'enseignement des sciences (avec Glen S. Aikenhead) et le caractère rituel des activités expérimentales en laboratoire (avec Normand Lessard).

Enfin, certaines activités facilitaient la conjugaison des voies précitées, telle l'activité de simulation de certaines conditions de la production du savoir scientifique par le biais d'un logiciel conçu à cet effet (Larochelle & Désautels, 1992) ; ou encore celle de simulation des conflits et controverses qui jalonnent l'établissement de la scientificité d'un savoir, par le biais d'un jeu de rôle impliquant la mise en scène d'une controverse «actuelle», soit le cas de la sociobiologie humaine (Gagné, à paraître).

Il va sans dire que ce choix pédagogique de même que son déroulement s'appuyaient sur plusieurs des principes qui sous-tendent notre examen

2. Notons à cet égard que nous nous sommes grandement inspirés de la forme (et, à quelques reprises, du contenu) des activités proposées dans les ateliers de formation à l'enseignement des sciences conçus à l'Université de Leeds. Voir Johnston (Ed.), 1990.

des mésaventures de M. Winters. Ainsi, il nous importait de considérer d'entrée de jeu le savoir d'expérience des étudiants et de renverser l'habituel rapport au savoir qui, du Primaire à l'Université, favorise le plus souvent des «schémas de docilité», selon l'expression de Foucault (1975), au savoir enseigné, les étudiants ayant peu de pouvoir sur ce qu'ils apprennent. D'autre part, il semblait également plausible de penser que les contenus de la didactique et de l'épistémologie des sciences prendraient un relief très différent de celui qui leur échoit dans les cours traditionnels, en s'inscrivant dans la foulée d'activités qui auraient favorisé chez les étudiants l'objectivation de leurs habitudes et options de cognition. Enfin, dimension non négligeable, cette considération du savoir des étudiants nous semblait aussi susceptible de leur permettre de se doter graduellement des moyens conceptuels et discursifs requis pour participer de façon réflexive et avvertie à la "conversation" que devait induire l'ensemble des cours à propos de "matières problématiques" (Bateson, 1977).

Parmi ces matières problématiques, les suivantes, dont l'ordre n'est qu'énumératif, ont occupé une place de choix :

- **la production des connaissances scientifiques** (loi, théorie, observation, expérimentation, objectivité, postulat, supposition, concepts et métaphores, débats et consensus, etc.),

- **l'apprentissage des connaissances scientifiques** (développement intellectuel, approches de la cognition, assimilation, accommodation, auto-référence, récursivité, conflit cognitif, etc.),

- **l'enseignement des sciences** (buts et stratégies, conceptions spontanées, changement conceptuel, développement et complexification conceptuels, etc.),

- **histoire et enseignement des sciences** (les formes de l'histoire des sciences, débats et controverses, l'histoire dans les manuels, etc.).

En d'autres termes, il s'est agi d'une stratégie de formation qui visait à favoriser chez les apprentis-enseignants le développement de leur capacité à réfléchir et, éventuellement, à complexifier les contenus, instruments et habitudes de connaissance sur lesquels ils fondent à la fois leurs idées sur la science, sur l'enseignement et sur l'apprentissage des sciences, et ce, dans une perspective de renouvellement de l'enseignement des sciences. Mais que nous apprend l'étude de leurs points de vue quant à l'intérêt d'une telle stratégie ? Nous n'examinerons ici, à titre indicatif, que certaines dimensions de leur perspective épistémologique. Mais auparavant, quelques mots sur les conditions de recueil et de mise en forme des données.

Notes méthodologiques

Étant donné notre intérêt de recherche, soit la mise au jour du développement et, le cas échéant, de la complexification du point de vue qu'entretiennent des apprentis-enseignants à l'égard de la science, de son

enseignement et de son apprentissage, nous avons retenu plusieurs instruments d'enquête (questionnaire, entretien, journal épistémologique) dont le trait commun réside en ce qu'ils pouvaient aussi constituer des outils pédagogiques³. Toutefois, comme les analyses des journaux et des entretiens sont en cours de réalisation, nous nous contenterons ici de préciser la teneur du questionnaire utilisé pour caractériser, au début et à la fin de la stratégie, les points de vue des apprentis-enseignants à l'égard de la science et de sa production. Nous avons fait usage du questionnaire à choix multiples "*Views on Science, Technology and Society*" élaboré par Aikenhead et coll. (1987), qui permet de traiter de l'idée de science et de sa socialité suivant divers angles d'entrée. Il s'agit d'ailleurs là de l'intérêt essentiel de ce questionnaire que l'on peut caractériser comme suit. D'une part, relevant comme tout test d'une option épistémologique, le questionnaire V.O.S.T.S. s'intéresse surtout à « la science en action » et aux controverses qu'elle suscite dans le champ de ses exégètes. Cela est manifeste dans le choix des thèmes qu'ont effectués les auteurs et qui portent aussi bien sur la traditionnelle croyance en l'élégance et la simplicité de la nature, que sur la participation des scientifiques à la "Big Science" (complexe scientifico-militaro-industriel). Cela est également patent dans la forme même qu'ont retenue les auteurs pour traiter d'un thème particulier. Suite à une proposition, la personne répondante est confrontée à une gamme de points de vue sur le sujet et conviée à y effectuer un choix ou bien à préciser qu'aucun de ces choix ne lui convient⁴. D'autre part, il s'agit d'un questionnaire aux usages souples et multiples, dans la mesure où il comporte une banque d'items à laquelle on peut puiser suivant les intérêts de recherche (ce qu'illustrent notamment les catégories proposées par les auteurs – épistémologie, sociologie "externe" et "interne", etc. – et qui peuvent être conjuguées selon la problématique de recherche, ce que nous avons d'ailleurs fait !).

3. Ainsi, le questionnaire et les entrevues initiaux étaient plutôt des outils de type "déclencheur" de la réflexion, alors que le journal épistémologique, par la temporalité même de sa réalisation, a constitué davantage un outil de soutien à la réflexion, d'autant plus que nous l'avons recueilli et commenté à cinq reprises durant les douze semaines qu'a duré notre intervention (à raison de six heures par semaine).

4. De notre point de vue, l'optique des auteurs du questionnaire est doublement intéressante si l'on pense aux tests d'attitudes classiques. En effet, ceux-ci présentent des positions de philosophes (Popper et Kuhn sont particulièrement prisés ; à titre d'illustration, voir Rowell & Cawthron, 1982) sur lesquelles se prononce le répondant par le biais d'une échelle Likert. Or, ces énoncés, en plus d'être décontextualisés de la pensée qui les englobe, sont la plupart du temps choisis suivant les thèmes chers aux philosophes classiques des sciences. Sur ce plan, le questionnaire V.O.S.T.S. est beaucoup plus complexe et près de la science-qui-se-fait, car on y interroge également le rôle des interactions entre scientifiques dans la construction du savoir, celui des projets sociaux plus vastes, etc. Par ailleurs, les divers points de vue offerts aux répondants permettent de traduire la variété effective des controverses plutôt que de les réduire à une simple dichotomie. En outre, ces points de vue sont rédigés suivant un langage plus "ordinaire". Enfin, comme ce questionnaire a été validé au cours d'une vaste étude pancanadienne à laquelle certains d'entre nous ont participé, sa formulation langagière n'a requis que des ajustements mineurs, ayant déjà fait l'objet d'une traduction, d'une adaptation et d'une validation.

4. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Parmi les items que nous avons choisis pour notre étude, nous ne considérerons ici que les cinq items pour lesquels nous avons invité les étudiants, lors de la première passation du questionnaire, à commenter leur choix en quelques lignes et, lors de la deuxième passation, à expliquer le maintien ou le changement de leur point de vue initial. L'intérêt de cette présentation, par ailleurs illustrative, réside en ce que les items commentés permettent de donner accès aux choix «bruts» des étudiants de pair avec les raisons qui les motivent. Nous ne nous attarderons cependant qu'à l'examen d'un seul de ces items (figure 1), selon la technique du cas suggestif (Tremblay, 1968), et n'évoquerons les autres que de façon sommaire.

Q. 1 En se basant sur les mêmes connaissances, deux scientifiques peuvent, d'une manière indépendante, développer la même théorie. Le contenu d'une théorie n'est PAS influencé par les caractéristiques individuelles d'un ou une scientifique.		Passation	
		1	2
Choisis l'énoncé qui exprime le mieux ta position personnelle : (Lis les énoncés de A à I et choisis-en un seul).			
Les caractéristiques individuelles d'un scientifique n'influenceront PAS le contenu d'une théorie :			
A.	car ce contenu est basé sur des faits et obtenu à l'aide de la méthode scientifique, lesquels (faits et méthode scientifique) ne sont pas influencés par l'individu.	0	0
B.	car ce contenu est basé sur des faits. Les faits ne sont pas influencés par l'individu. Toutefois, la façon dont un scientifique conduira une expérience sera influencée par ses caractéristiques individuelles.	3	0
C.	car ce contenu est basé sur des faits. Cependant, la façon dont un scientifique interprète ces faits sera influencée par ses caractéristiques individuelles.	7	1
Les caractéristiques individuelles d'un scientifique influenceront le contenu d'une théorie :			
D.	car les différents scientifiques mènent leurs recherches de manière différente (par exemple, ils creusent plus ou moins une question ou formulent des questions légèrement différentes). En conséquence, ils obtiendront des résultats différents. Ceux-ci influencent alors le contenu de la théorie.	6	13
E.	car des scientifiques différents penseront de manière différente et auront des idées et des points de vue légèrement différents.	1	3
F.	car le contenu d'une théorie sera influencé par ce à quoi veut croire un scientifique. Les biais ont une influence.	3	9
G.	Je ne comprends pas.	0	0
H.	Je ne connais pas suffisamment le sujet pour effectuer un choix.	1	0
I.	Aucun de ces énoncés ne correspond à l'essentiel de mon point de vue.	5	0

Figure 1

L'examen des choix privilégiés par les étudiants au premier item du questionnaire indique, au terme de la stratégie de formation, un changement de point de vue, dans le sens d'une reconnaissance accrue de l'idée selon

laquelle les caractéristiques individuelles du scientifique influenceraient le contenu d'une théorie. On remarque qu'un seul des vingt-six étudiants maintient un point de vue contraire, alors qu'ils étaient initialement dix à le partager. On note par ailleurs que, pour treize étudiants, cette influence procéderait des intérêts individuels des scientifiques (position D), alors qu'elle serait tributaire pour les douze autres soit du cadre de pensée (position E), soit des croyances des scientifiques (position F). Mais quelles sont les raisons invoquées pour justifier les choix initiaux et, le cas échéant, les changements de points de vue ?

De manière générale, les dix sujets qui ont initialement choisi les positions B ou C partagent le point de vue selon lequel le contenu d'une théorie repose sur des faits qui préexistent à l'activité de recherche. Toutefois, ils reconnaissent l'influence de l'individu dans les choix méthodologiques ou encore dans les interprétations que celui-ci propose des faits, par ailleurs, "inaltérables" : *"Un fait est un fait et ne peut être influencé directement par l'individu qui ne fait que constater le(s) résultat(s). Mais la façon de mener une expérience risque fort bien d'être influencée par l'individu. Chacun a sa propre façon de procéder à l'intérieur d'une démarche scientifique uniforme"* (S-10) ; *"Les faits sont à mon avis inaltérables [...] Toutefois, je crois qu'effectivement les caractéristiques individuelles peuvent avoir une très grande influence quant à l'interprétation de ces faits. C'est probablement pourquoi, encore aujourd'hui, plusieurs théories basées sur les mêmes faits se contredisent"* (S-15).

Le caractère empiriste des points de vue exprimés ici est assez net, mais l'on peut se demander si les raisons de ceux qui ont choisi la position D s'en démarquent d'une façon significative. Il est difficile de le préciser pour les sujets 4 et 5 qui ne font que ré-affirmer l'importance des différences individuelles dans le choix des orientations de recherche, bien que l'un d'eux ajoute, sans commenter davantage, qu'à un certain niveau, la science devient subjective (S-4). Les autres sujets ont élaboré des discours plus explicites sur le plan épistémologique. Par exemple, l'un d'eux (S-6) semble adopter une position empiriste sophistiquée. Par le biais d'exemples historiques, il souligne à l'appui de son choix que, dans certains cas (Snell-Descartes), les mêmes faits ont conduit à la même formulation des lois, alors que dans d'autres cas (Schrodinger-Heisenberg-Dirac), des *"points de vue différents [à l'égard] des mêmes faits"* ont conduit à des formalismes différents qui se révéleront éventuellement complémentaires. Le point de vue d'un autre sujet laisse transparaître un point de vue davantage constructiviste : *"la méthode scientifique assure une standardisation de l'expérience que conduira le chercheur. Mais un travail de recherche est issu de l'imagination du chercheur et fait appel à son intuition basée sur la perception qu'a préalablement celui-ci de la "réalité". Le chercheur formule des hypothèses et tente de les vérifier afin de construire son modèle. Nul ne peut prétendre détenir la "vérité". On peut prouver par un contre-exemple la fausseté d'un modèle mais on ne peut montrer qu'un modèle est vrai [que] dans les limites qu'on s'était préalablement fixées"* (S-19).

Ainsi, l'interprétation du choix de la position D ne va pas de soi et il est donc nécessaire d'exercer une certaine prudence avant de conclure. Notons aussi que si les positions E et F posent moins de problèmes sur le plan de l'interprétation, cela ne signifie pas pour autant que ceux qui les ont retenues avaient au départ un point de vue plus articulé, comme en témoigne le discours qui suit : *“La science tente d'atteindre la réalité par le biais du scientifique. Celui-ci possède ses propres motivations et fait tout pour atteindre ses objectifs qui sont rarement le désir « pur » de connaître”* (S-3).

Enfin, on remarque que près du quart des sujets ont souligné ne pas pouvoir effectuer un choix parmi les positions proposées. Toutefois, l'examen des commentaires effectués par cinq de ces sujets permet de situer leur point de vue sur le spectre des positions suggérées. Ainsi, les points de vue des sujets 9, 23, 26, rejoignent l'esprit des positions A, B et C, dans la mesure où ces sujets n'ont pas remis en question l'idée que le contenu d'une théorie est basé sur des faits indépendants. Telle est, par exemple, l'association que l'on peut faire du discours qui suit avec les positions C et D : *“Puisque, suivant notre expérience, nous comprenons les faits à certains degrés qui seront appelés à se raffiner au fil de notre vécu, il va de soi, à mon avis, que l'interprétation puisse en différer, surtout lorsqu'il y a l'implication de plusieurs personnes”* (S-9). Les sujets 2 et 24, pour leur part, ont exprimé des points de vue qui s'apparentent aux positions D, E, F, comme le souligne explicitement d'ailleurs le sujet 24 : *“Deux scientifiques travaillant sur un même sujet peuvent développer deux théories différentes. Pourquoi ? Les réponses sont à mon avis D et E”*. Quant au sujet 2, c'est plutôt l'incomplétude de la proposition qui justifie son choix, le travail scientifique étant aussi une affaire collective et sociale : *“Les caractéristiques d'un scientifique influenceront «sa» théorie, mais aussi beaucoup d'autres choses [l'influenceront] : le travail fait par d'autres scientifiques, la société (au sens large) qui l'entoure, etc. Une théorie établie est toujours une œuvre collective”* (S-2).

Au terme de cette première analyse, quel portrait d'ensemble peut-on dessiner quant aux points de vue exprimés par les étudiants ? En tenant compte de l'interprétation donnée aux commentaires accompagnant la position I, et des positions des sujets qui, tout en ayant choisi la position D, fournissent des arguments d'inspiration empiriste, il semble que la majorité des étudiants (environ 60%) conçoivent la production du savoir scientifique sous un mode empiriste. La teneur des options épistémologiques des autres étudiants est cependant plus difficile à caractériser. L'analyse des choix effectués pour les autres items nous aidera à broser un tableau plus complet à ce sujet, mais pour l'instant voyons ceux effectués pour l'item 1 lors de la seconde passation du questionnaire.

Parmi les 26 étudiants, 17 ont modifié leur choix initial, ce changement paraissant indiquer une remise en question, à tout le moins, de l'option empirico-réaliste qui dominait les points de vue initiaux. Les commentaires effectués par les étudiants pour justifier leurs nouveaux choix sont éclairants à ce

propos. Ainsi, des neuf étudiants qui ont effectué le passage de B ou C à D, trois évoquent explicitement une transformation de leur point de vue à propos du statut épistémologique des faits scientifiques. Par exemple, S-12 remet en question la neutralité de ces faits : *“Je crois que le concept de «fait» est aussi influencé par l’individu”*, alors que S-10 explicite le changement de sa position comme suit : *“Par contre, je croyais que les faits n’étaient pas influencés par l’individu comme si les faits étaient immuables et que peu importe ce qu’on réalise, on arrive aux mêmes faits”*. Le point de vue des six autres étudiants repose sur diverses justifications. L’un d’eux (S-1) attribue l’influence des caractéristiques personnelles à l’appartenance religieuse ou à l’éducation du scientifique, alors qu’un autre évoque l’une des activités pédagogiques du cours (la simulation de la production du savoir scientifique) pour illustrer comment les caractéristiques individuelles, dont le type de formation antérieure (biologie, physique, etc.), conditionnent *“la façon de voir le problème, de l’aborder, de se questionner [...] ce qui oriente la recherche et conduit à des résultats différents”* (S-23).

Il est également intéressant d’examiner le type de raisons invoquées par ceux qui ont effectué le passage de B, C, ou D à E ou F. On retrouve dans ce groupe deux sujets qui justifient leur nouveau choix par la révision de leur idée de fait, alors qu’un troisième souligne le rapport entre la pensée et l’observation : *“La façon de penser d’une personne influence l’explication qu’elle donnera de ses observations”*. D’autres sujets (S-11 et S-24) évoqueront le vécu et les aspirations personnelles, ou encore, la culture et l’éducation pour expliquer comment les caractéristiques individuelles influencent le contenu des théories, alors que pour un sujet (S-25) c’est l’idée même de science que soutient un individu qui est en cause : *“L’idée que se fait un scientifique de la science influence ses recherches”*.

En première approximation, il semble donc que les points de vue retenus par les étudiants au terme de la stratégie de formation tendent à s’éloigner de la position empirico-réaliste qui marquait leurs choix initiaux, sans que nous ne puissions, à partir des seuls commentaires sur les changements de points de vue (4 ou 5 lignes), reconstruire cette nouvelle représentation. À cet égard, les autres matériaux (journaux et entretiens) seront sans doute plus informatifs. Toutefois, la tendance qui caractérise les points de vue énoncés à l’item 1 du second questionnaire devient en quelque sorte une tendance forte, si l’on considère les positions retenues aux autres items de type épistémologique que nous leur avons également soumis. Par exemple, on remarque que 21 étudiants adoptent un point de vue que l’on peut qualifier de relativiste en ce qui concerne les rapports entre les modèles scientifiques et la réalité, 23 pensent que les observations sont tributaires des cadres théoriques et 21 estiment que les scientifiques inventent les lois plutôt qu’ils ne les découvrent toutes faites dans la nature.

À travers ces courtes illustrations et à ce stade de l’analyse, il est prématuré d’énoncer quelque conclusion que ce soit quant à l’intérêt de la stra-

tégie mise en oeuvre. On peut penser cependant qu'à certains égards, celle-ci témoigne d'un potentiel épistémologiquement stimulant qu'il nous faudra sans doute mieux explorer pour tenter d'en connaître et les "grandeurs" et les "misères"...

BIBLIOGRAPHIE

AIKENHEAD G.S., FLEMING R.W. & RYAN A.G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. 1. Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71, 2, pp. 145-161.

BATESON G. (1977). *Vers une écologie de l'esprit*. Paris, Editions du Seuil.

BOURDIEU P. (1980). *Le sens pratique*. Paris, Les Editions de Minuit.

BRICKHOUSE N. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41, 3, pp. 53-62.

COLLINS A. (1989). Assessing biology teachers : understanding the nature of science and its influence on the practice of teaching. In D.E. Herget (Ed), *The history and philosophy of science in science teaching*. Tallahassee, Florida State University.

DÉSAUTELS J. & LAROCHELLE M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique ? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Québec, Presses de l'Université Laval.

DRIVER R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 481-490.

FOUCAULT M. (1975). *Surveiller et punir. Naissance de la prison*. Paris, Éditions Gallimard.

GAGNÉ B. (à paraître). *Autour de l'idée d'histoire des sciences. Propos d'apprentis-enseignant(e)s de science sur l'histoire des sciences et son utilisation pédagogique*. Thèse de doctorat, Québec, Université Laval.

GALLAGHER J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75, 1, pp. 121-133.

GEDDIS A.N. (1988). Using concepts from epistemology and sociology in teacher supervision. *Science Education*, 72, 1, pp. 1-18.

GUNSTONE R., WHITE R. & FENSHAM P. (1988). Development in style and purpose of research on the learning of science. *Journal of Research in Science Education*, 25, 7, pp. 513-529.

HAGGERTY S. (1992). Student teachers' perceptions of science and science teaching. In Hill S. (Ed.), *The history and philosophy of science in science education* (Vol. I). Kingston, Ontario, Queen's University, pp. 483-494.

HODSON D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72, 1, pp.19-40.

HOLT REYNOLDS D. (1992). Personal history-based beliefs as relevant prior knowledge in course work. *American Educational Research Journal*, 29, 2, pp. 325-349.

JODELET D. (dir.) (1989). *Les représentations sociales*. Paris, Presses Universitaires de France.

JOHNSTON K. (Ed.), (1990). *Interactive teaching in science : workshops for training courses*. Leeds, University of Leeds, Centre for Studies in Science and Mathematics Education.

JUNGWIRTH E. & ZAKHALKA M. (1989). The “back-to-square-one” phenomenon : teacher-college students’ and practicing teachers’ changes in opinions and reactions. *International Journal of Science Education*, 11, 3, pp. 337-345.

LAROCHELLE M. & DÉSAUTELS J. (1992). *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Québec, Bruxelles, Presses de l'Université Laval et De Boeck-Wesmael.

LEBUISS P. (1990). Animer une discussion philosophique en classe. In A. Caron (dir.), *Philosophie et pensée chez l'enfant*. Montréal, Editions Agence d'ARC.

LYONS N. (1990). Dilemmas of knowing: ethical and epistemological dimensions of teachers’ work and development. *Harvard Educational Review*, 6, 6, pp. 159-180.

MILLARD R. (Ed.), (1988). *Doing science. Images of science in science education*. Londres, Falmer Press.

MOSCOVICI S. (1984). De la science au sens commun. In S. Moscovici (dir.) *Psychologie Sociale*. Paris, Presses Universitaires de France, pp. 539-566.

OGUNNIYI M. (1982). An analysis of prospective science teachers’ understanding of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 19, 1, pp. 25-32.

PARÉ A. (1977). *Créativité et intervention pédagogique* (Vol. I). Victoriaville, Québec, Editions NHP.

PFUNDT H. & DUIT R. (1991). *Bibliography : students’ alternative frameworks and science education*. Kiel, Institute for Science Education.

PICKERING A. (1992). *Science as practice and culture*. Chicago, Chicago University Press.

ROTH K., ANDERSON C. & SMITH E. (1987). Curriculum materials, teacher talk, student learning : case studies in fifth grade science teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19, 6, pp. 527-548.

ROWELL J. & CAWTHRON E. (1982). Images of science : an empirical study. *European Journal of Science Education*, 4, 1, pp. 79-94.

RUEL F. (1992). A propos du constructivisme. In M. Larochelle & J. Désautels, *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes*. Québec, Bruxelles, Presses de l'Université Laval et De Boeck-Wesmael, pp. 18-32.

RUSSELL T. (1983). Analysing arguments in science classroom discourse : can teachers' questions distort scientific authority ? *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 1, pp. 27-45.

TERHART E. (1988). Philosophy of science and school science teaching. *International Journal of Science Education*, 10, 1, pp. 11-16.

TOBIN K. & GALLAGHER J. (1987). What happens in high school science classrooms ? *Journal of Curriculum Studies*, 19, 6, pp. 549-560.

TREMBLAY M.-A. (1968). *Initiation à la recherche dans les sciences humaines*. Montréal, McGraw-Hill.

TRUMBULL D. & JOHNSTON SLACK M. (1991). Learning to ask, listen, and analyse : using structured interviewing assignments to develop reflection in preservice science teachers. *International Journal of Science Education*, 13, 2, pp. 129-142.

VOIGT J. (1985). Patterns and routines in classroom interaction. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 6, 1, pp. 69-118.

ZEICHNER K. & GORE J. (1990). Teacher socialization. In W.R. Houston (Ed), *Handbook of Research on Teacher Education*, New York, Macmillan.