Document generated on 06/04/2025 9:28 p.m.

Revue des sciences de l'éducation

Le constructivisme en action : des étudiants et des étudiantes se penchent sur leur idée de science

Jacques Désautels

Volume 20, Number 1, 1994

Constructivisme et éducation

URI: https://id.erudit.org/iderudit/031704ar
DOI: https://doi.org/10.7202/031704ar

See table of contents

Publisher(s)

Revue des sciences de l'éducation

ISSN

0318-479X (print)
1705-0065 (digital)

Explore this journal

Cite this article

Désautels, J. (1994). Le constructivisme en action : des étudiants et des étudiantes se penchent sur leur idée de science. *Revue des sciences de l'éducation*, *20*(1), 135–155. https://doi.org/10.7202/031704ar

Article abstract

Within the large number of works that are considered to be within a radical constructivist perspective and following the research done by our group over the last several years, an experiment was developed which required 35 college students to reflect on the production of scientific knowledge, and specifically on how this knowledge is constructed and negotiated. One of the most remarkable findings of this research is without doubt, that these students showed themselves to be brilliant epistemologists and were able, in a reflective way, to develop a better informed idea of science.

Tous droits réservés © Revue des sciences de l'éducation, 1994

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Revue des sciences de l'éducation, Vol. XX, n° 1, 1994, p. 135 à 155

Le constructivisme en action: des étudiants et des étudiantes se penchent sur leur idée de science

Jacques Désautels
Professeur
Université Laval

Résumé – Dans la foulée des travaux qui s'inscrivent dans la perspective du constructivisme radical et des divers travaux de recherche que nous menons depuis plusieurs années, nous avons conçu et réalisé une expérimentation qui visait à amener 35 étudiants et étudiantes du collégial à s'interroger sur le processus de production d'un savoir dit scientifique et, plus particulièrement, sur le caractère construit et négocié de ce savoir. L'un des constats les plus marqués que l'on peut dégager de cette recherche est sans contredit le fait que ces étudiants et ces étudiantes se sont révélés de brillants épistémologues et ont su, de façon réflexive, développer une idée de science plus avertie.

L'origine des idées qu'on a vient donc des connaissances qu'on a eues [...] *Il faut avoir eu des connaissances pour avoir des idées et pouvoir observer.*
Une étudiante

Soutenir, comme le fait cette étudiante, que l'observation est tributaire du cadre de connaissances que l'on a élaboré et que, pour connaître, il faut déjà connaître, peut être interprété comme un point de vue constructiviste sur la production des connaissances. Évitons cependant de conclure hâtivement à partir de ce seul énoncé extrait du contexte du discours au sein duquel il prend tout son sens. Pour l'instant, il est plus opportun de signaler qu'il constitue l'une des conclusions auxquelles cette étudiante est parvenue à la suite d'une réflexion personnelle qui portait à la fois sur sa propre démarche de recherche et sur le processus de la production du savoir scientifique.

Nous avions en effet convié un groupe de 35 étudiants et étudiantes de première année du collégial à réfléchir sur ces questions épineuses, par l'intermédiaire d'une simulation de certaines des conditions de la production du savoir scientifique. Ainsi l'objet de réflexion proposé aux étudiantes et aux étudiants

n'était pas constitué des discours d'épistémologues accrédités, mais plutôt des démarches de cognition personnelles et collectives qu'ils mettent en œuvre dans la solution d'énigmes authentiques. De manière métaphorique, ce à quoi étaient conviés ces étudiantes et ces étudiants revenait en quelque sorte à faire de l'épistémologie *in vivo* plutôt qu'*in vitro*[1] par le biais d'un examen réflexif et averti de leur propre grille épistémologique.

L'accomplissement de cet exercice exigeant montre, comme nous le verrons, jusqu'à quel point la critique est souvent injuste à l'égard des jeunes. En effet, pour d'aucuns, qui les comparent assez superficiellement à une autre jeunesse, la leur bien sûr, ces jeunes n'auraient pas maîtrisé les rudiments de la langue, des mathématiques et des sciences, au terme de leurs études secondaires. Bien plus, ils auraient développé des attitudes négatives envers le savoir, faisant montre d'une ténacité fort précaire face aux inévitables difficultés intellectuelles qui jalonnent l'appropriation des savoirs scolaires. Pourtant, si l'on change un tant soit peu le contexte pédagogique et que l'on reconnaît qu'ils sont les acteurs de leur propre cognition, plutôt que les récitants plus ou moins passifs du savoir des autres, et si, d'autre part, ce contexte s'ouvre sur des possibles plutôt que de conduire inexorablement à une solution unique («la» bonne ou «la» vraie réponse), alors ces jeunes peuvent nous impressionner tant par l'enthousiasme qu'ils mettent au travail que par la qualité de leurs productions.

Nous préciserons plus loin quelques éléments du contexte de cette simulation et nous présenterons des exemples de discours d'étudiants et d'étudiantes qui témoignent de leur virtuosité épistémologique. Mais, au préalable, il est nécessaire d'expliciter les raisons qui justifient l'intégration de la réflexion épistémologique, dans sa version constructiviste, à l'enseignement des sciences.

Représentation et rapport au savoir

La première raison est d'ordre idéologique et tient au fait que tout enseignement des sciences véhicule, explicitement ou non, une certaine représentation de la science. On y propose aux élèves une certaine idée de la nature du savoir scientifique, de son historicité et de sa socialité[2], à partir de laquelle notamment ceux-ci construiront la leur. Le point de vue d'un élève, que nous avons recueilli lors d'une recherche antérieure, et qui terminait ses études secondaires, en constitue un bel exemple.

> Une connaissance scientifique, c'est toujours la même chose. Une connaissance scientifique, c'est F = ma. C'est une formule, c'est toujours ça. Tandis qu'une connaissance religieuse... ça peut être affecté par ta famille: si tu es né dans une religion catholique, tu vas croire en la religion catholique. Ça dépend de ta nationalité, ça dépend de ce que tu as vécu, ça dépend de ton entourage, de la

> société. [Tandis qu'une connaissance scientifique], si elle est vraie, elle est vraie pour la classe ouvrière. Je pense qu'une pomme c'est une pomme et quand elle tombe, elle tombe toujours avec une accélération de dix mètres par seconde au carré: les Martiens trouveraient ça aussi (Désautels et Larochelle, 1989, p. 1).

Manifestement, qu'on le veuille ou non, que l'on en soit conscient ou pas, cet élève s'était fabriqué, tout au long de ses études, une représentation de la nature du savoir scientifique, de sa socialité et de son historicité. En effet, d'entrée de jeu, il attribue au savoir scientifique un caractère intemporel («c'est toujours la même chose») bien qu'il sache que sa formulation ne soit pas contemporaine, comme l'illustre l'usage de l'anecdote de la pomme pour étayer son propos. Il lui confère aussi une forme d'immunité idéologique, ce savoir n'étant pas marqué, contrairement à la connaissance religieuse, par les conditions sociohistoriques qui ont présidé à sa production, en particulier celles qui sont liées à l'appartenance de classe: il les transcende. Ce savoir serait aussi universel, comme en témoigne l'allusion à des «Martiens qui trouveraient ça aussi». Son objet serait par ailleurs idoine aux objets du réel usuel, dont il décrirait avec exactitude le comportement: la pomme qui tombe. Enfin, il se résumerait à une affaire de calculs et de formules, comme l'indiquent les références aux chiffres et à la célèbre équation F = ma. En bref, il s'agirait d'une connaissance exacte, vraie au sens d'une adéquation à la réalité, intemporelle, transcendantale et universelle, c'est-à-dire à toutes fins utiles sans histoire et insularisée de la société, cette négation de l'historicité et de la socialité du savoir scientifique ne constituant pas moins une représentation de ces aspects.

Tout en reconnaissant que notre interprétation du discours en cause n'est pas la seule possible, cet exercice nous permet tout à la fois de montrer que les élèves se fabriquent bel et bien des représentations du savoir scientifique et de fournir une illustration de ce que nous entendons par représentation. Mais pour l'instant, voyons en quoi l'étude de ces représentations[3] constitue un intérêt idéologique et partant social.

La plupart des élèves qui terminent leurs études secondaires mettent simultanément fin à leur fréquentation des cours de science. C'est donc par le biais des représentations de la science[4] qu'ils ont construites pendant cette période de leur vie qu'ils interpréteront les discours et les enjeux sociaux liés à la présence de la science dans nos sociétés. Or, ces représentations comportent des rapports au savoir et aux producteurs de savoir qui les rendent plus ou moins aptes à articuler une position critique et, éventuellement, à s'engager dans les actions conséquentes au regard des implications sociales de l'activité scientifique. Par exemple, comment l'adolescent cité plus haut, et pour qui le savoir scientifique transcende les conditions sociohistoriques de sa production, pourra-t-il critiquer le vieil adage selon lequel le savoir scientifique est neutre, seuls ses usages pouvant être néfastes? Par ailleurs, quelle appréciation de la responsabilité sociale des scientifiques pourra-t-il effectuer

puisque, d'une certaine façon, le savoir qu'ils produisent leur échappe? Comment pourra-t-il également procéder à l'examen des tenants et des aboutissants des thèses à saveur sociobiologiste ou eugéniste, par exemple, surtout lorsqu'elles reçoivent l'appui des scientifiques, des experts? Ces derniers, contrairement aux politiciens, ne sont-ils pas porteurs des mêmes qualités (objectivité, neutralité, etc.) que celles généralement attribuées au savoir qu'ils produisent? Bref, pour une foule de raisons, il est plausible de penser que la méconnaissance du caractère historiquement situé, relatif et discontinu du développement du savoir scientifique (Bachelard, 1973; Cohen, 1985; Russell, 1983) ne prépare guère cet élève à estimer les limites de ce savoir ni à apprécier à leur juste valeur les autres formes ou les autres jeux de la connaissance. Ne risque-t-il pas dans ce cas de porter des jugements dépréciatifs sur les savoirs élaborés dans d'autres contextes culturels et civilisationnels? Autrement dit, pourra-t-il éviter d'assimiler l'hégémonie économique et technique de l'Occident à la valeur intrinsèque du savoir scientifique?

Ces questions n'ont évidemment de sens que par leurs relations à une certaine représentation de l'historicité et de la socialité de la science. Notre point de vue sur le sujet s'inscrit dans la foulée des travaux contemporains en histoire, en sociologie et en anthropologie des sciences (Brannigan, 1981; Callon et Latour, 1991; Holton, 1973; Shapin et Schaffer, 1985), qui tracent les contours d'une représentation du savoir scientifique et de sa production qui se démarque radicalement de la représentation quelque peu triomphaliste léguée par les tenants du positivisme. Comme le souligne Jenkins (1992), l'idée d'une science anhistorique, asociale, conduisant méthodiquement à la vérité objective fait désormais partie des «antiquités idéologiques». L'un des points tournants de la remise en question de cette représentation de la science a certes été la parution du célèbre ouvrage de Kuhn (1983) qui, non seulement rendait caduque l'idée de progrès historique continu des connaissances en sciences, mais permettait d'envisager sous un angle nouveau la socialité de la science. En effet, c'est au cœur même de l'activité scientifique (le noyau dur) que se manifeste le caractère social de la science, car ni l'adhésion à un paradigme, ni le changement de paradigme, ni même le choix des critères et des normes de validité du savoir ne sont des décisions entièrement rationnelles. Les savoirs produits n'ont de sens que dans le contexte d'une vision partagée du monde et fondée sur des postulats métaphysiques et épistémologiques, éthiques et esthétiques qui, comme l'a si bien montré Koyré (1973), ne sont pas étrangers à l'idéologie d'une époque. Dans la même veine, des travaux en sociologie des sciences (études de cas, études de laboratoire) ont permis d'élucider, au ras du sol, les conditions de production des savoirs scientifiques (Knorr-Cetina, 1981; Latour, 1989) en montrant, par exemple, comment l'interprétation des expérimentations conduit nécessairement à la négociation de leur signification. En somme, ce que de manière générale ces études tendent à montrer c'est que la science est une pratique sociale dans la mesure où ses conditions d'origine et de développement sont sociales. Si l'on ajoute à cela le fait que la science, tout en étant une production sociale, est récursivement productrice de société (Morin, 1986), il nous faut désormais la reconnaître en tant que problème social, ce qui, comme le souligne Restivo (1988),

signifie que «*modern science is implicated in the personal troubles and public issues of our time*» (p. 209). Il y aurait donc un enjeu social important relié à une compréhension adéquate de l'entreprise scientifique, ce qui justifie que l'on s'intéresse aux représentations que les élèves construisent à propos de la nature du savoir scientifique et de sa production, et à leur complexification.

Épistémologie et appropriation du savoir scientifique

La seconde raison pour laquelle nous estimons nécessaire d'intégrer l'épistémologie à l'enseignement des sciences tient à des arguments d'ordre didactique. En effet, au cours des vingt dernières années, les recherches en didactique des sciences ont contribué à jeter un nouvel éclairage sur les problèmes que suscite un tel enseignement. De façon particulière, ces recherches ont permis aux didacticiens et aux didacticiennes des sciences de redécouvrir, à leur façon, l'une des propositions fondamentales de la théorie constructiviste piagétienne, à savoir que les enfants n'attendent pas les premières classes de science pour se faire une idée au sujet des phénomènes dits naturels. Dès leur jeune âge, ils se construisent ainsi des explications à propos des phénomènes de leur quotidien, qu'il s'agisse de la chute d'un objet, de la succion d'un liquide à l'aide d'une paille ou encore de la fragilité des fenêtres du voisin!

Toutefois, comme nous l'avons précisé ailleurs (Benyamna, Désautels et Larochelle, 1993), la découverte qui a davantage pris de court les didacticiens, si l'on peut dire, est celle de la pérennité de ces explications au terme d'une scolarisation plus ou moins longue. Les recherches désormais classiques de Driver (1983), Erickson et Tiberghien (1985), Viennot (1979), pour ne nommer que celles-là, sont éloquentes. On y observe que les explications des élèves sont truffées de mots qui témoignent d'une certaine familiarité avec le vocabulaire scientifique (molécule, énergie cinétique, etc.), mais, pour l'essentiel, le fond est conservé et les «nouveaux mots» se voient dotés d'une matérialité peu compatible avec le caractère relationnel des concepts scientifiques. Les exemples suivants, extraits d'entrevues réalisées auprès d'élèves qui terminent leurs études collégiales en sciences et qui poursuivent celles-ci au niveau universitaire (Benyamna, 1987), l'illustrent de manière convaincante. Ainsi, pour expliquer la transparence du verre, l'un de ces élèves soutient que «les particules de verre n'ont pas de couleur, [qu']elles sont transparentes»; alors qu'un autre explique la propagation de la chaleur dans une tige de métal dans les termes suivants: «la chaleur est transportée par les électrons». Il y a donc là matière à interrogation pour les chercheurs et les enseignants. Est-ce un problème d'enseignement, un problème d'apprentissage ou un problème d'accessibilité des contenus scientifiques?

À première vue, si l'on évalue ces conceptions à l'aune des conceptions scientifiques, on peut penser qu'elles représentent une version dégradée de celles-ci:

elles seraient en fait des conceptions erronées (*misconceptions*) et témoigneraient d'un problème d'apprentissage. Toutefois, et les recherches à l'appui de cette thèse sont nombreuses (Gilbert et Watts, 1983; Hills, 1989; Pope, 1982; Tiberghien, 1989), ce serait là méconnaître la particularité de ces conceptions qui contribuent à fournir une intelligibilité au savoir scientifique enseigné qui, le plus souvent, est dénué de toute contextualité. En effet, il est rarissime que l'enseignement des sciences présente, en même temps que des éléments de contenu, les conditions et les règles de construction et de validité de ces éléments. Ne pensons qu'à l'expression «fait scientifique»: en l'absence de toute information sur la genèse de tel fait particulier et sur les diverses opérations qui ont conduit à le doter d'un statut de scientificité, que retiendra l'élève? Comment donnera-t-il sens à cette expression? N'aura-t-il pas tendance à détacher ce fait de son contexte d'origine (qui ne lui a d'ailleurs pas été précisé) et à le classifier selon un cadre de référence qui lui est familier (ce qui du coup transformera la portée de ce fait)? N'est-ce pas là une opération qui nous est coutumière (Lave, 1988)?

Bref, on l'aura compris, l'enseignement ne peut plus faire fi du savoir de l'élève (en termes à la fois de contenu et d'organisation de celui-ci), puisque, comme le montrent les travaux sur le sujet, c'est à partir de ce savoir spontané[5] que les informations et les événements de l'enseignement sont interprétés. Ni table rase ni cire vierge, l'élève est à la fois acteur et auteur de sa cognition: il compare, traduit, symbolise, transforme. Cela s'illustre d'ailleurs à merveille par la multiplication, pour ne pas dire l'explosion, des études sur les conceptions spontanées dont la mise au jour a donné lieu à des remaniements substantiels des hypothèses et des propositions sur lesquelles se fondaient les pratiques d'enseignement des lois, des concepts et des théories scientifiques, comme en témoignent notamment les travaux qui s'inscrivent dans la perspective constructiviste (Driver, 1989). Toutefois, comme nous l'avons souligné dans un ouvrage récent (Larochelle et Désautels, 1992), ces propositions comportent des limites qui tiennent en partie au peu de considération que l'on accorde généralement à la dimension épistémologique dans l'appropriation du savoir scientifique par des élèves. Examinons succinctement ce qu'il en est.

Nous avons indiqué que les élèves rendent le savoir scientifique «digeste», selon l'expression de Moscovici (1984), en l'assimilant, par reconstruction, à leur structure conceptuelle et en dotant les concepts d'une signification qui est compatible avec les postulats épistémologiques plus ou moins tacites qui animent cette structure. Ainsi, le concept de rayon lumineux sera assimilé au faisceau lumineux très mince que l'on peut percevoir; celui d'atome à une sphère miniature telle qu'on peut la voir dans les modèles moléculaires exposés dans les laboratoires, et ce, dans l'esprit du postulat selon lequel l'appareil sensoriel fournit un accès immédiat à la réalité et qu'expliquer un phénomène est avant tout une affaire de description de ce qui est donné dans la sensation. Or, l'hypothèse que nous faisons c'est que, pour un grand nombre d'élèves, ces croyances constituent un blocage

dans l'appropriation de la signification des concepts scientifiques. Comment peut-on en effet comprendre que la chaleur n'est qu'une forme d'énergie, que des particules peuvent s'annihiler lors d'interactions, que les ondes électromagnétiques ne requièrent aucun support matériel pour se propager, si l'on n'est pas conscient des postulats qui guident habituellement sa propre compréhension des phénomènes dits matériels, si l'on ne peut envisager d'autres possibilités, autrement dit, comme le précisent Piaget et Garcia (1983), si l'on ne peut inventer un problème là où il ne semblait pas y en avoir?

Il ne s'agit pas ici d'incriminer ou d'invalider le savoir commun, mais de distinguer la pertinence contextuelle des différents savoirs. Les explications que nous construisons habituellement sont tout à fait viables, c'est-à-dire adaptées aux buts que nous poursuivons; par exemple, on pourra dire à quelqu'un de fermer la porte pour empêcher le froid (concept inexistant en science) de pénétrer dans la maison afin de maintenir une température confortable et de réduire les coûts de chauffage. Que peut-on reprocher à cette façon de réfléchir? Rien sinon qu'elle n'est pas adaptée aux buts poursuivis par les scientifiques qui posent des problèmes impensables dans le contexte du savoir commun, puisqu'ils relèvent d'un autre cadre épistémologique. Il est donc nécessaire, si l'on veut participer à la conversation des scientifiques, pour reprendre l'expression de Richards (1991), de comprendre comment ceux-ci attribuent des significations aux concepts et aux notions dont ils font usage, d'où découle l'importance de la réflexivité épistémologique. En effet, ce n'est qu'à partir du moment où un sujet connaissant prend conscience des postulats qui sous-tendent ses façons habituelles de connaître, qu'il les met à distance et problématise ainsi sa propre connaissance, qu'il peut s'ouvrir sur d'autres possibles. Cette démarche intellectuelle de réflexivité, bien que souvent associée à la métaréflexion, s'en distingue en ce qu'elle porte non pas sur les opérations ou sur les stratégies intellectuelles utilisées pour élaborer telle ou telle connaissance, mais plutôt sur le non-dit, l'impensé de la pensée, les «allant-de-soi» qui conduisent à affirmer que quelque chose est évident. Cet examen de ce que l'on peut métaphoriquement appeler le point aveugle d'une structure conceptuelle[6] est l'une des conditions nécessaires à l'amorce d'un processus de complexification de la pensée, à son autonomisation (Varela, 1989). Il devient alors possible d'effectuer des discriminations et de comprendre que les connaissances sont viables dans leur contexte de production. En ce sens, la tendance courante à substantialiser la chaleur ou, celle scientifique, à la dématérialiser ne s'apprécient pas en termes de vrai ou faux: c'est l'interprétation du contexte qui spécifiera la signification appropriée.

On conviendra que l'exercice de la réflexivité épistémologique telle que nous l'avons définie exige autant, sinon plus, de labeur intellectuel que l'étude des contenus des disciplines scientifiques. Toutefois, dans le contexte pédagogique que nous avons aménagé, des jeunes s'y sont adonnés avec enthousiasme et brio.

Le contexte pédagogique

Il est possible d'imaginer diverses stratégies pédagogiques pour intégrer la réflexion épistémologique au curriculum. Nous avons pour notre part choisi d'organiser au sein de la classe une simulation de certaines des conditions de la production du savoir scientifique, notamment le caractère construit et négocié de ce savoir, afin que les étudiants et les étudiantes réfléchissent sur leur propre activité de cognition plutôt qu'à partir des discours savants sur le sujet. Il devenait ainsi possible de faciliter chez les étudiants et les étudiantes le questionnement de leurs représentations en vue de les dépasser – ce qui ne suppose pas le rejet des options personnelles, mais plutôt leur dialectisation – et ce, grâce au développement d'une capacité de réfléchir, de manière critique, sur les postulats qui supportent leurs stratégies de construction de connaissances et celles des autres.

À cet effet, nous avons conçu un logiciel qui constitue une source potentielle d'énigmes et pour lesquelles on ne peut trouver de réponses (vraies ou fausses) ni dans un manuel ni auprès de l'enseignant (Désautels, Lauzon et Larochelle, 1987). L'énigme que construisent les apprentis chercheurs est reliée au comportement inattendu d'entités inconnues émises par l'un ou l'autre des quatre émetteurs disposés autour d'un carré opaque, et dont on peut repérer les traces à l'écran. Ainsi, comme l'illustre la figure 1, on constate que la trace laissée par une entité a changé d'orientation à la suite d'une possible interaction «sous» le carré opaque, alors qu'on aurait pu s'attendre à ce qu'elle demeure rectiligne.

Ce sont éventuellement les différences entre les attentes des chercheurs et ce qu'ils perçoivent à l'écran qui peuvent donner lieu à l'élaboration d'un problème à résoudre. Que signifie l'apparente déviation perçue? Comment élucider cette situation énigmatique? C'est dans cette perspective que les étudiants et les étudiantes, apprentis chercheurs, ont été invités à inventer et mettre à l'épreuve, lors d'expérimentations, des solutions dont la plausibilité faisait, en outre, l'objet de débats lors de la tenue de colloques savants. Par là, les étudiants et les étudiantes ont donc produit eux-mêmes le matériau de base à partir duquel ils ont échafaudé leur réflexion, aidés en cela par le questionnement épistémologique incessant que nous leur proposions. Ce questionnement pouvait d'ailleurs prendre diverses formes. Nous leur avons ainsi proposé deux ateliers de réflexion et de production, l'un sur la conceptualisation inventive (animé par le professeur Wilfrid Bilodeau) et l'autre sur le raisonnement logique (animé par le professeur titulaire du cours).

Nous leur avons aussi distribué à quelques reprises de brefs mémos qui leur représentaient, sous une forme interrogative et quelque peu impressionniste, certains des problèmes et certaines questions qu'ils rencontraient dans leurs activités de recherche. Ainsi en est-il du mémo consacré aux illusions et aux ambiguïtés sensorielles qui mettait en question la croyance en la possibilité d'observer sans ancrage théorique. Mais c'est surtout lors des travaux d'équipe avec le logiciel

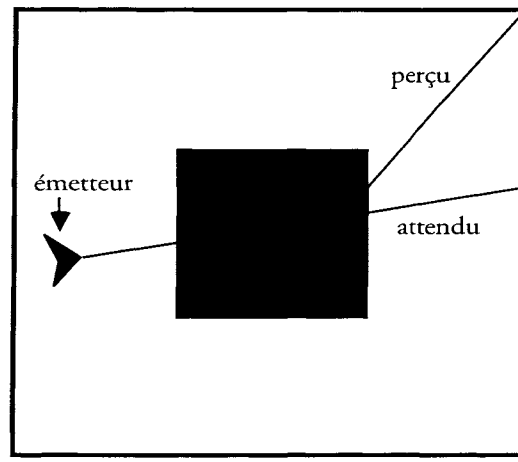


Figure 1 – Situation «énigmatique»

évoqué plus haut que nous avons systématiquement invité les étudiants et les étudiantes à préciser les postulats implicites sur lesquels ils s'appuient pour construire des explications «scientifiques» – par exemple, prolonger les traces afin de localiser un point d'impact sous le carré laisse supposer qu'au moment où elles disparaissent, les entités poursuivent leur chemin en ligne droite – à formuler des argumentations cohérentes, ou, encore, à prendre conscience des divergences de points de vue qui interviennent dans leurs discussions. Par ailleurs, comme les étudiants et les étudiantes étaient également invités à tenir un journal «épistémologique» personnel dans lequel ils consignaient leurs réflexions à propos de la production du savoir scientifique, nous avons pu maintenir avec chacun d'eux, par l'intermédiaire des commentaires interrogatifs que nous y faisions, une conversation à propos de ces questions épineuses.

Cette stratégie a été mise en œuvre dans le contexte d'un cours régulier et obligatoire de philosophie de la première année du collégial, à raison de trois heures par semaine durant 12 semaines. Trente-cinq étudiants et étudiantes, dont la moyenne d'âge était de 17 ans et 5 mois, composaient le groupe. Ils avaient en moyenne suivi six cours de science au secondaire et trois au collégial. Au moment de la recherche, sept d'entre eux avaient un profil d'études en sciences humaines, trois en formation professionnelle, 20 en sciences dites exactes et cinq ont noté qu'ils étaient en transition de programme.

Bien que nous ne puissions, dans le cadre de cet article, décrire de façon détaillée le déroulement de cette stratégie, nous pensons qu'à bien des égards le métalogue, qui est une conversation sur des «matières problématiques» (Bateson, 1977, p. 23), en constitue une métaphore intéressante. On ne peut en effet douter de la nature problématique des questions abordées avec les étudiants et les étudiantes (vérité, évidence, objectivité, modèle, postulats, etc.), et ce, de leur point

de vue, comme en témoignent leurs discours, tout comme du point de vue des épistémologues des sciences qui en font leur pain quotidien et l'objet de leurs incessants débats. D'autre part, la structure même des dialogues qui se sont tenus entre les divers acteurs de la recherche est en rapport étroit avec les problèmes susceptibles d'émerger lors de cette longue conversation. En effet, tout au long de celle-ci, en accord avec les orientations constructivistes de la stratégie, nous avons constamment retourné les étudiants et les étudiantes à leurs réflexions, sans tenter d'imposer le vrai «point de vue», sans pour autant nous priver, à l'occasion, de suggérer des pistes de réflexion. Nos questions portant sur leurs dires, leurs actions et leurs interrogations ont ainsi constitué autant de façons de relancer leur propre réflexion plutôt que d'en déterminer strictement l'orientation. Ils disposaient en conséquence de l'autonomie nécessaire pour élaborer un modèle de la production des savoirs dont ils pouvaient estimer le bien-fondé en examinant de manière réflexive leurs activités de recherche, ce qui inévitablement engendrait de nouvelles matières problématiques. Par ailleurs, comme l'aboutissement de ces activités de recherche ne pouvait être posé dans les termes de «la» bonne ou «la» vraie réponse, cela contribuait également à l'émergence de nouveaux problèmes en rapport avec le statut épistémologique des savoirs. La question demeure toutefois de savoir si cette stratégie est pertinente au regard des buts visés; c'est ce que nous allons examiner.

Les discours des étudiants et des étudiantes

Nous ne pouvons certes synthétiser ici les quelque quatre cents pages de discours produites par les étudiants et par les étudiantes dans leurs journaux personnels. Nous tenterons plutôt d'illustrer le fait que non seulement ces adolescents ont fait de l'épistémologie, mais que cela les a amenés à développer une représentation plus avertie de la science en action.

De manière générale, la lecture des discours recueillis conduit à un premier constat, soit la non-familiarité de la réflexion en cause pour une bonne majorité d'étudiants et d'étudiantes, comme en témoignent les extraits qui suivent. Ainsi, une étudiante avoue candidement ne s'être jamais interrogée sur la production du savoir scientifique, alors qu'une autre souligne qu'elle pensait tout savoir sur le sujet [Les sujets sont identifiés par leur numéro au début de chaque extrait.]:

> S9 – J'avoue que je n'avais jamais pensé au processus de production [du savoir scientifique] du moins jusqu'à maintenant. Mais je crois que c'était plutôt genre «inspiration» du ciel. J'ai vite perdu cette version simpliste du processus de production.

> S12 – Je croyais tout savoir sur la production de connaissances scientifiques et, plus le cours avance, moins j'ai l'impression que j'en connais, plus je découvre de choses dont je n'imaginais pas qu'elles puissent exister.

Dans la même veine, l'étrangeté et l'effet questionnant de la réflexion épistémologique ont été soulignés de plusieurs façons:

> S8 – C'est la première fois qu'on me demandait de critiquer mes critiques, de réfléchir à ma façon de réfléchir. Cette dernière phrase m'avait tout retourné quand j'ai entendu cela pour la première fois au début du cours. Maintenant, j'en sais beaucoup plus le sens.

> S26 – C'est très difficile de se demander pourquoi on pense que c'est ça. Parce que jusqu'ici nous avons rarement été appelés à nous poser de telles questions. Habituellement, nous apprenons des liens déjà fondés. Et c'est toute une remise en question de notre manière de réfléchir.

> S9 – C'est très difficile de prendre conscience que je fais des relations. Je tire des hypothèses à propos de *L'énigmatique* et ces hypothèses reposent sur des conceptions profondément ancrées en moi qui font que je n'ai aucune espèce d'idée du pourquoi c'est comme cela [...]. J'ai remarqué qu'il est très difficile de prendre conscience que ce que nous avançons repose souvent sur des postulats que l'on prend comme des certitudes. C'est tellement difficile qu'il faut nous faire prendre conscience que ce sont des postulats, sinon on ne s'en serait pas aperçu.

L'effet de surprise étant passé, comment les étudiants et les étudiantes ont-ils abordé les matières problématiques chères aux épistémologues? Notons tout d'abord que les problèmes sur lesquels les étudiants et les étudiantes ont réfléchi sont fort nombreux, depuis le rôle des métaphores dans la production des connaissances scientifiques, jusqu'à la distinction entre la science privée et la science publique, en passant par l'examen des concepts de vérité, d'objectivité, de postulat, etc. Voyons comment certains de ces problèmes ont été traités.

L'atelier portant sur la conceptualisation inventive et métaphorique a suscité de nombreuses réactions. Parmi les 35 étudiants et étudiantes qui ont participé à l'expérimentation, 22 ont discouru sur le rôle de la métaphorisation dans la production du savoir en insistant sur le fait que celle-ci ne pouvait être envisagée comme un simple ornement du langage. Quatorze sujets lui attribuent ainsi une fonction pédagogique ou de communication et font référence aux difficultés d'abstraction que l'usage de la métaphore permet d'aplanir:

> S25 – Ce serait plus difficile de comprendre tout cela, car souvent on a affaire à des choses inexistantes, c'est-à-dire qu'on ne peut ni les voir, ni les toucher, ni les sentir, tout ce qui reste pour être capable de définir ces choses est en fait notre imagination et pour faire travailler notre imagination, il faut avoir recours aux métaphores ou peut-être à d'autre chose qui ne me vient pas à l'esprit qui aurait la même fonction ou qui s'apparenterait à la métaphore.

Huit sujets s'attardent plutôt à la mise en relief du rôle constitutif de l'activité métaphorique dans la production du savoir scientifique, en s'appuyant sur leurs propres travaux de recherche:

> S12 – Les métaphores sont indispensables puisqu'elles nous permettent de créer des modèles de choses qu'il nous serait impossible de découvrir sans elles. Les métaphores sont vraiment à la base de toute conversation et donc à la base de toute pensée humaine. La production de connaissances scientifiques n'échappe évidemment pas à cette règle. Pour en venir à une conclusion au sujet de ce que contenait le carré noir, nous avons dû comparer les déviations d'émissions à des choses concrètes que l'on connaissait mieux, comme la déviation que subit une bille de bois lorsqu'elle rencontre un mur par exemple. Nous avons rattaché tous les phénomènes observés sur notre écran à des choses que l'on connaissait, nous avons donc sans cesse employé des métaphores pour comprendre.

Cette prise de conscience réflexive du rôle de l'imaginaire dans la production du savoir scientifique peut être également associée à la reconnaissance du rôle des postulats dans ce procès, comme l'ont d'ailleurs souligné, sous diverses formes, 28 étudiants et étudiantes. Une douzaine d'entre eux ont ainsi clarifié leur pensée sur le sujet. Certains ont, par exemple, proposé une définition du concept de postulat:

> S19 – Ce sont donc pour nous des pensées sur lesquelles on n'a pas besoin de se pencher. Ce sont des croyances de base que nous croyons connaître mais qui ne sont pas nécessairement prouvées. Il faut donc tenter de cerner comme il faut ces postulats pour ensuite tenter d'y réfléchir plus attentivement.

D'autres sujets en ont plutôt constaté l'effet dans leurs travaux mêmes:

> S33 – Un dernier postulat qui nous a aidés à faire des trouvailles est qu'on croit que, si on lance le projectile avec un certain angle, il va toujours être dévié avec le même angle, peu importe la hauteur à laquelle il a été réfléchi par rapport à la diagonale.

Pour certains étudiants et pour certaines étudiantes, la réflexion sur le rôle des postulats les conduit non seulement à comprendre la nécessité de postuler pour connaître, mais également à reconnaître le caractère conventionnel des postulats, ceux-ci n'étant ni vrais ni faux.

> S21 – Un postulat, selon moi, est une croyance, une hypothèse que l'on interprète comme une certitude. Ces suppositions que nous prenons pour des certitudes et des affirmations peuvent aussi bien être des vérités que des faussetés. Néanmoins, elles sont nécessaires à chacun de nous.

> S10 – Deux parallèles ne se coupent jamais, c'est évident, sauf qu'il n'y a rien qui le prouve. [...] C'est sûr et certain que l'on ne peut toujours se fier à l'évidence elle-même. Il faut toujours et constamment remettre chaque pas vers la progression en question, car ce n'est jamais vrai ou faux.

Dans la foulée de cette prise de conscience, ces étudiants et ces étudiantes ont aussi supputé les conséquences qu'entraîne une telle prise de position à l'égard de la production du savoir. Ainsi, après avoir souligné la nécessité première de postuler la stabilité de l'objet d'étude, une étudiante en conclut que «évidemment, cette supposition implique qu'en émettant deux fois du même point et dans la même direction, le rayon serait dévié exactement de la même façon» (S-12).

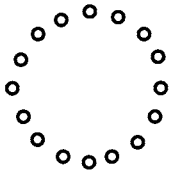
Pour leur part, deux autres étudiants adoptent une position qui évoque l'une des propositions du constructivisme, dans la mesure où ils reconnaissent que l'on invente les connaissances, et ce, suivant ce que l'on sait déjà:

> S9 – Je crois que oui, l'on crée la façon de voir les choses à partir des suppositions que l'on fait ou des idées que l'on a. C'est pourquoi en travaillant sur un même projet, chaque équipe approche le problème d'une manière différente selon son *background* respectif. L'approche diffère, car chaque personne a une façon personnelle de voir les choses, influencée par des expériences vécues individuellement. Donc, on crée nous-mêmes notre façon de voir les choses à partir de nos suppositions. [...] Parce qu'on n'analyse pas un phénomène de la même manière, on y va selon nos pensées.

> S22 – Bien sûr, on modifie la «vérité» (le «réel scientifique», par exemple la forme des objets; et le réel social, par exemple la signification des paroles émises et des principes) à partir des idées que l'on a. Il est important d'en prendre conscience; c'est ce que j'essayais d'expliquer au premier mémo lorsque je parlais de souplesse et d'autocritique de la pensée critique. C'est dire que je crois qu'il est important de garder à l'esprit que l'existence du vrai absolu dans bien des aspects de la vie est plutôt douteuse et que, tout étant relatif, le vrai pour moi n'est pas toujours vrai pour tout le monde.

Enfin, certains étudiants et certaines étudiantes transposent explicitement ces idées à la production du savoir scientifique, comme l'illustre l'extrait suivant:

> S26 – C'est le figuré qui permet au scientifique d'émettre des hypothèses. Quand je dis figuré, ce sont toutes les choses que l'on voit (que l'on croit voir, les hypothèses). Quand je dis la chose a son sens propre, c'est vraiment ce que l'on voit. Exemple, un point, une ligne.
>
> Exemple



> Si je vois cela au sens propre, ce sont des points; alors qu'au figuré, c'est un cercle. [...] Mais si l'on ne crée pas la façon de voir les choses, on risque de ne pas avoir d'hypothèses, d'idées, et sûrement que le travail n'avancera jamais.

Les résultats, même partiels, présentés jusqu'ici illustrent bien le point de vue selon lequel ces étudiants et ces étudiantes auraient fait de l'épistémologie en procédant à l'examen de leur propre activité de cognition. On peut toutefois se demander si, ce faisant, ils ont pu se forger une représentation plus avertie de la production du savoir scientifique. Les indices que nous avons recueillis à cet égard foisonnent. Nous avons d'abord remarqué qu'un bon nombre d'entre eux ont su porter un regard critique sur leur expérience d'apprentissage des sciences et en particulier sur le savoir scientifique scolaire. Ils ont en particulier souligné qu'ils ne sont jamais invités à s'interroger sur les fondements des savoirs qui leur sont proposés ni sur leur pertinence par rapport à «la science telle qu'elle se fait», selon l'expression de Callon et Latour (1991). Selon eux, cela aurait des effets pervers tant sur le plan de leur attitude envers l'apprentissage que sur celui du type de rapport au savoir qu'ils développent, comme on peut le voir dans les extraits qui suivent:

> S32 – Tous les cours que j'ai suivis sont basés sur l'apprentissage de matières scientifiques qu'il faut absorber sans demander le bien-fondé de ces recherches. Notre sens critique est mis à «0», on prend cette information comme la vérité absolue. Une fois embarqué dans ce système, je crois que l'on y prend goût parce qu'on s'habitue à cette méthode qui ne demande en fait qu'une certaine compréhension et un petit effort de mémorisation; notre curiosité s'efface peu à peu et j'irais même jusqu'à dire qu'on développe une paresse intellectuelle et donc une baisse d'intérêt qui peut nuire pour l'avenir.

> S21 – Personnellement, je ne pensais pas qu'il pouvait exister une différence entre la réalisation de la recherche et sa présentation au public. Je pensais que ce qu'on nous présentait [à l'école] était vraiment la recherche elle-même. Ma perception est sûrement due au fait qu'aujourd'hui les cours de sciences sont tout programmés et dessinés d'avance, c'est-à-dire que, lorsqu'on fait une expérience quelconque dans n'importe laquelle des sphères de sciences, nous sommes toujours en face d'une recette ou d'un plan d'expérience que nous devons suivre à la lettre si nous voulons arriver aux résultats escomptés. Cette pratique fait de nous de parfaits petits robots qui sont récompensés par des points sur un bulletin. Je ne pense pas que l'on puisse vraiment appeler cela de la «science».

Ayant mis au jour le dogmatisme de l'enseignement des sciences et ayant reconnu l'aspect illusoire de la représentation de la science qu'il véhicule, les étudiants et les étudiantes ont également pu mettre à distance puis transformer leur idée de production du savoir scientifique et développer ainsi un point de vue critique, comme l'illustrent ces propos où il est question du caractère hypothétique et relatif non seulement de leurs propres productions, mais aussi de la production du savoir scientifique:

> S7 – Il en est de même pour la science. Les chercheurs ont confiance en leurs propres théories, mais souvent ils oublient que ce ne sont que des suppositions

jusqu'au jour où quelqu'un trouve quelque chose de mieux, et ainsi de suite. La conclusion que nous aurons trouvée, toutes les équipes ensemble, ne sera pas non plus une certitude, car jamais on ne pourra voir à travers le carré, ce sera toujours une supposition. Cependant, les postulats sont très utiles, car il nous faut toujours un point de départ pour nos recherches, sinon, par où commencer?

S12 – Avant aujourd'hui, pour moi la science était une science où tout était certain, où ce que l'on déclarait publiquement comme étant une loi physique, par exemple, était infaillible. Je crois que c'est un mythe qui est largement répandu dans les écoles au sujet des sciences dites exactes et que je prenais ce mythe pour la réalité. Maintenant je peux affirmer que je fais confiance aux connaissances scientifiques officielles, mais je ne penserai plus jamais que ce sont des vérités absolues puisque maintenant j'ai compris un peu mieux le chemin que l'on doit parcourir pour en arriver à produire une connaissance scientifique. Je n'avais pas encore réalisé qu'il n'y a pas de grand livre de la nature qui nous assure de la valeur de nos hypothèses.

Cette remise en question du caractère absolu de la vérité scientifique est implicitement exprimée à de nombreuses reprises, notamment par la reconnaissance de l'aspect conventionnel du savoir scientifique. Par exemple, dans l'extrait ci-dessous, c'est en rapport avec le concept de gravité que l'étudiante spécifie son point de vue:

S9 – Une autre chose, la recherche de nos scientifiques est basée beaucoup plus sur le comment et non sur le pourquoi. Par exemple, la gravitation: au lieu du comment, on pourrait demander pourquoi. Dans le fond, on n'explique pas pourquoi il y a la gravitation: on se contente de dire comment la gravitation est régie.

Un autre étudiant envisage, pour sa part, les conséquences de ce point de vue sur la production des connaissances:

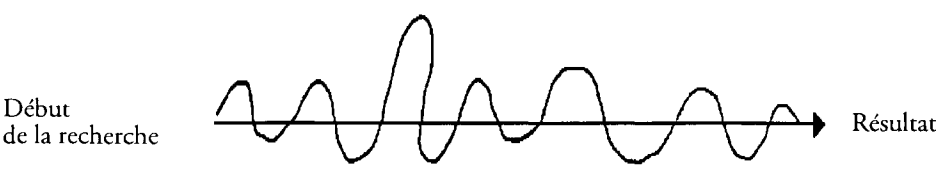
S21 – Dans notre recherche, comme dans celles des autres scientifiques, nous avons recouru à l'établissement des postulats, c'est-à-dire à des conventions entre nous. Ces conventions ont eu une influence déterminante sur les résultats et sur le modèle découlant de la recherche. Par exemple, en posant comme postulat de départ que le rayon continuait en ligne droite après avoir traversé les limites du carré opaque, nous avons obtenu un modèle complètement différent de ce qu'on aurait obtenu si nous avions posé les postulats de départ autrement. Par cet exemple, on voit bien quelle importance peuvent prendre les postulats ou les conventions qui fondent une recherche.

C'est toutefois en empruntant des itinéraires cognitifs différents que d'autres étudiants et étudiantes sont parvenus à se fabriquer une représentation plus avertie de la production du savoir scientifique. Ainsi, en se penchant sur le thème science privée et science publique, un sujet s'inquiète du pouvoir confié aux scientifiques:

S33 – Pour parler des travaux de recherche faits par les hommes et par les femmes de science, il faut vraiment avoir confiance en eux pour adhérer à leurs conclusions comme on a fait confiance aux personnes de la classe lors du débat. Je veux dire par là que si un groupe de chercheurs travaille sur un médicament qui pourrait guérir une certaine maladie et qu'en faisant plusieurs expériences, il découvre qu'une seule d'entre elles permettrait de croire que le médicament en question pourrait apporter des effets secondaires aux êtres humains, mais que, par simple désir de prestige ou d'argent, il n'en parle pas dans les conférences et que le produit vient à être mis sur le marché, ça peut être dangereux pour nous. Et le contraire peut être aussi vrai. Si le groupe découvre une nouvelle piste mais que celle-ci ne lui semble pas plausible et la rejette donc, alors on vient peut-être de rejeter aussi le remède à la maladie.

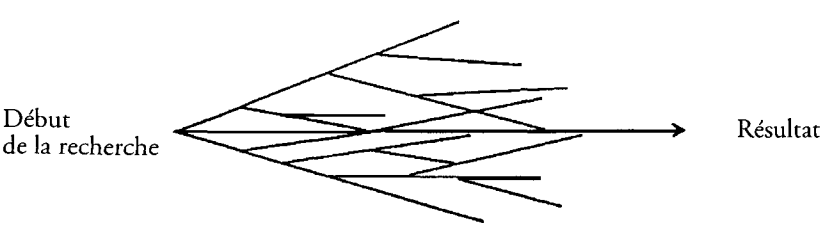
Enfin, dans ce qui nous a paru être un envol épistémologique, une étudiante propose une conception émancipatoire de la recherche qui intègre les concepts d'erreur et de détour et débouche, suivant un processus d'arborisation, sur l'idée d'enrichissement des possibles au lieu de se confiner à celle de vérité. Laissons-lui la parole:

S2 – Je peux expliquer les détours comme ceci:



La flèche représente le chemin le plus court pour parvenir à un résultat. La ligne oscillante représente des détours. On voit alors que le temps est plus long pour parvenir au résultat. On pourrait dire que certains détours sont inutiles puisqu'ils reviennent sur la piste de recherche. Mais on pourrait aussi dire qu'ils forment une recherche plus solide, plus analysée puisqu'elle aura fait preuve de plusieurs vérifications pour tenter d'expliquer les résultats finaux. On pourrait conclure que ces détours n'ont pas à être mentionnés dans une conférence puisqu'on peut inclure les vérifications faites par les détours sous forme de données.

Et d'un autre sens:



S2 – La flèche représente le chemin le plus court pour parvenir à un résultat. Les autres lignes forment un nombre infini de détours. On voit alors qu'un

détour peut amener un autre détour puis revenir sur la piste de recherche. Mais la compilation de détours pourrait conduire vers un résultat pas comme les autres. Il y aurait alors, peut-être, complication et entremêlage qui ne parviendraient même pas à un résultat. Ou bien les chemins pris ou les détours pourraient permettre de vérifier que l'on ne peut se rendre à un résultat comme les autres. Ou bien encore les détours pourraient nous amener à de nouvelles trouvailles. Et aussi, comme l'autre forme de détours, c'est-à-dire que les détours formeront une recherche plus solide, plus analysée, plus vérifiée. On pourrait conclure que ces détours doivent être mentionnés essentiellement dans le rapport de recherche et la conférence publique.

Conclusion

À la lumière de ces discours, on peut penser qu'un bon nombre d'étudiants et d'étudiantes, environ les deux tiers selon notre évaluation, ont construit des représentations plus averties de la production du savoir scientifique. En effet, à partir du moment où ils ont pris conscience du caractère construit et relatif de ce savoir, qu'ils ont reconnu la dimension collective et consensuelle du procès de sa production, il est plausible de penser qu'ils ont alors développé les instruments intellectuels de base qui leur permettent d'établir un rapport au savoir et aux producteurs de ce savoir plus émancipatoire et plus critique. Un rapport plus émancipatoire, car le savoir scientifique, en étant désormais conçu comme l'un des jeux possibles de la connaissance, ne peut plus être invoqué comme critère pour juger de la valeur des savoirs, dont le sien propre. Dans le même ordre d'idée, c'est aussi un rapport plus émancipatoire aux scientifiques, car ceux-ci ne sont plus perçus comme des génies ventriloques qui révèlent les secrets et les décrets de la nature, mais plutôt comme des personnes qui, comme eux, imaginent des solutions aux problèmes qu'ils ont inventés et les mettent à l'épreuve par la mise en œuvre collective de techniques de travail appropriées. Enfin, on peut penser que ce rapport est plus critique puisqu'ils ont davantage conscience de certains enjeux qui traversent la production du savoir scientifique, notamment celui qui est lié à la nécessité de persuader les pairs du bien-fondé de sa recherche:

S8 – D'après moi, un scientifique ne se doit pas seulement d'être bon à réaliser une recherche, il doit l'être aussi pour la présentation de celle-ci. Je m'explique: au début, tu fais une recherche dans un laps de temps donné avec toutes sortes de limites, pour en arriver à un résultat final, ce qui ne veut pas dire que la recherche est finie ou que la réponse est trouvée. Ce même résultat, le chercheur y croit, il est persuadé qu'il a la meilleure réponse (ou hypothèse); cette même réponse, je la comparerais à un produit qu'il faut vendre [...]. Je veux dire par là que l'expérimentateur doit avoir certaines aptitudes de communication pour vendre son projet, pour transmettre le message qui est de dire que c'est le meilleur [projet].

Mais aussi, et ce n'est pas le moindre, l'enjeu lié à l'image sociale des scientifiques:

> S9 – Il y a un autre point. Je ne crois pas que ce soit à l'avantage des scientifiques d'exposer toutes les difficultés qu'ils ont eues: cela enlève un peu à leur statut de scientifiques. La société a besoin de héros, souvent les scientifiques sont traités un peu à part. Ils font de la recherche, donc ce n'est pas dans leur intérêt de dire qu'ils ont travaillé avec beaucoup de difficultés.

Ainsi débarrassée de son aura de transcendance, la production du savoir scientifique s'humanise en quelque sorte et peut, de ce fait, devenir objet de critique. Mais, et la question est légitime, ces étudiants et ces étudiantes relativistes ne risquent-ils pas de verser dans le solipsisme et de se détourner à jamais des sciences?

Après avoir travaillé pendant trois mois avec ces étudiants et ces étudiantes, et après avoir lu et relu leurs journaux, nous n'avons pas trouvé d'indices qui nous permettraient d'abonder en ce sens. Certes, on retrouve ici et là des traces d'une forme de cynisme, bon chic bon genre, propre à l'adolescence et, à l'occasion, un soupçon d'angoisse ontologique. Mais, en général, les étudiants et les étudiantes n'ont pas adopté une position relativiste absolue. Bien plus, pour certains, la démystification de la production du savoir scientifique rendrait plutôt les sciences accessibles:

> S12 – C'est étrange que l'on veuille tant cacher les difficultés et les erreurs dans tout ce que l'on fait. Je crois qu'elles font tout de même partie de la vie de tout homme et que si l'on arrêtait de les dissimuler, on apprendrait beaucoup mieux à se connaître. Si tous les héros que l'on connaît, que ce soit en science ou dans tout autre domaine, se montraient sous leur vrai jour, ils seraient certainement des modèles pour le «commun des mortels» et les sciences seraient probablement plus appréciées par les jeunes parce qu'elles seraient plus accessibles.

Par ailleurs, lorsqu'on pense, entre autres, aux travaux sur les conceptions spontanées, on peut aussi se demander si la réflexion épistémologique qu'ont conduite les étudiants et les étudiantes leur permet de réviser les significations à saveur matérialiste qu'ils attribuent habituellement aux notions et aux concepts scientifiques? Nous ne pouvons nous prononcer pour l'instant, puisque les analyses sur cette dimension sont toujours en cours. Toutefois, comme la majorité d'entre eux sont sensibles au caractère essentiellement modélisateur et provisoire du savoir scientifique, ce savoir étant une carte et non pas le territoire, on peut penser qu'ils seront plus vigilants à l'aspect relationnel des concepts de ce savoir, concepts qui, quels qu'ils soient, ne sont pas la chose!

Notes

1. Cette métaphore est empruntée à un texte inédit de Marie Larochelle. Par ailleurs, le titre de l'article paraphrase celui d'un ouvrage de Latour (1989).

2. Le concept de nature du savoir scientifique fait référence à la position, plus ou moins explicite, qui est adoptée par des sujets au regard de questions habituellement soulevées, entre autres, par les philosophes des sciences, telle la question de la vérité dans les sciences, de l'objectivité, du rapport entre le savoir scientifique et le réel, du rôle de l'expérimentation, etc. Il va de soi que les élèves du secondaire et du collégial, en règle générale, ne posent pas ces problèmes de façon formelle. Toutefois, lorsqu'on les interroge à ce propos, ils sont fort volubiles et construisent spontanément, le cas échéant, un discours sur le sujet à partir des matériaux conceptuels qu'ils ont élaborés lors de leur fréquentation des cours de sciences (voir Désautels et Larochelle, 1989). Le concept de socialité des sciences, pour sa part, fait référence à la façon dont les sujets envisagent le caractère social des savoirs scientifiques. Pour certains, ces savoirs transcendent les conditions sociales qui président à leur production ou encore ne sont sociaux que dans leurs effets sur la société, alors que, pour d'autres, ces savoirs sont fondamentalement sociaux, dans leur effectuation comme dans leurs effets, dans la mesure où ils sont le produit de pratiques sociales locales et contingentes. Enfin, le concept d'historicité se rapporte aux diverses positions historiographiques possibles à l'égard du développement historique du savoir scientifique. La spécificité de l'histoire des sciences est-elle de retracer la chronologie des exploits intellectuels des scientifiques? Ou a-t-elle plutôt comme mission de retracer l'évolution des idées en science? Ou encore doit-elle considérer la science en tant que productrice d'histoire selon une perspective globale et sociale? Autant de manières de concevoir qui engendrent des représentations fort différentes de la science telle qu'elle se fait.

3. À ce sujet, voir notamment Jodelet (1989).

4. Cela ne signifie pas pour autant que ces représentations cesseront de se transformer. On peut penser que les médias (journaux, télévision, radio, etc.), dont on sait qu'ils fournissent une image quelque peu idyllique de la science (Roqueplo, 1974), prendront le relais en tant que source privilégiée d'information.

5. Le qualificatif «spontané» souligne que le contenu de ce savoir (ou conception) diffère de celui des conceptions scientifiques sur le sujet. L'excellent article de Gilbert et Watts (1983) résume bien la question. Voir aussi Driver (1989) ainsi que Pfundt et Duit (1991).

6. Ce retournement de la pensée sur elle-même peut donner lieu à une forme de vertige intellectuel, angoissant pour certains, puisqu'il y a toujours un point aveugle dans une structure conceptuelle, ce qui rend absurde la quête d'un fondement absolu de la connaissance. Toutefois, comme Foerster (1990) l'a montré, la réitération d'une opération ne conduit pas nécessairement à une régression à l'infini. Les fonctions récursives, dans lesquelles le produit de l'opération est réintroduit dans l'opération, fournissent des valeurs propres autour desquelles elles se stabilisent. Ainsi, la racine carrée de la racine carrée de la... d'un nombre quelconque tend à se stabiliser autour de la valeur 1, et ce, quel que soit le nombre initial que l'on choisit. D'une façon similaire, le tout jeune enfant, en réintroduisant dans ses conduites sensorimotrices le produit de ces mêmes opérations, en arrivera à déceler des invariances dans ses conduites qui correspondent à ce que nous, observateurs extérieurs, nommons un objet (une chose), parvenant ainsi à produire un monde stable là où au départ il n'y avait, pour lui, que bruit et désordre.

Abstract – Within the large number of works that are considered to be within a radical constructivist perspective and following the research done by our group over the last several years, an experiment was developed which required 35 college students to reflect on the production of scientific knowledge, and specifically on how this knowledge is

constructed and negotiated. One of the most remarkable findings of this research is without doubt, that these students showed themselves to be brilliant epistemologists and were able, in a reflective way, to develop a better informed idea of science.

Resumen – En la línea de los trabajos que se inscriben en la perspectiva del construccionismo radical y de diversos trabajos de investigación que realizamos desde varios años, hemos concebido y efectuado un experimento con el fin de llevar 35 estudiantes de nivel colegial a interrogarse sobre los procesos de producción de un saber dicho científico y, particularmente, sobre el carácter construído y negociado de este saber. Una de las constataciones msá notables que se desprenden de esta investigación es, sin duda, el hecho que estos estudiantes se revelaran como brillantes epistemólogos y que supieran, en forma reflexiva, desarrollar una idea más documentada de la ciencia.

Zusammenfassung – In Gefolge der Arbeiten, die in den Rahmen des radikalen Konstrucktivismus fallen, und verschiedener Forschungsarbeiten, die wir seit mehreren Jahren durchführt, haben wir ein Experiment ausgearbeitet und durchgeführen, das 35 Studierende der Kollegstufe dazu bringen sollte, Überlegungen über den Erwerb von sogenannten wissenschaftlichen Kenntnissen anzustellen, und im besonderen über die konstruierte und erarbeitete Eigenart dieses Wissens. Eine der auffallendsten Feststellungen, die man aus dieser Untersuchung ableiten kann, ist ohne Zweifel die Tatsache, dass diese Studenten sich als brillante Epistemologen erwiesen haben und durch ihre Reflexion zu einer zutreffenderen Vorstellung von der Wissenschaft gefunden haben.

Références

Bachelard, G. (1973). *La philosophie du non.* Paris: Presses universitaires de France.

Bateson, G. (1977). *Vers une écologie de l'esprit.* Paris: Seuil.

Benyamna, S. (1987). *La prégnance du modèle particulaire dans les représentations d'étudiants en science à l'égard de phénomènes naturels.* Thèse de doctorat non publiée, Université Laval, Québec.

Benyamna, S., Désautels, J. et Larochelle, M. (1993). Du concept à la chose: la notion de particule dans les propos d'étudiants à l'égard de phénomènes physiques. *Revue canadienne de l'éducation, 18*(1), 62-78.

Brannigan, A. (1981). *The social bases of scientific discoveries.* Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Callon, M. et Latour, B. (dir.) (1991). *La science telle qu'elle se fait.* Paris: La Découverte.

Cohen, B. I. (1985). *Revolutions in science.* Cambridge, MA, Londres: The Belknap Press of Harvard University Press.

Désautels, J. et Larochelle, M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes* (préface de E. von Glasersfeld). Québec: Les Presses de l'Université Laval.

Désautels, J., Lauzon, B. et Larochelle, M. (1987). *L'énigmatique, un logiciel pour l'enseignement des sciences.* Québec: Centre d'enseignement et de recherche en informatique Clément Lockquell.

Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Londres: Open University Press.

Driver, R. (1989). Student's conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education, 2* (numéro spécial), 481-490.

Erickson, G. L. et Tiberghien, A. (1985). Heat and temperature. *In* R. Driver, E. Guesne et A. Tiberghien (dir.), *Children's ideas in science.* Milton Keynes: Open University Press.

Foerster, E. von (1990). Understanding understanding. *Methodologia, 7,* 7-22.

Gilbert, J. K. et Watts, M. (1983). Concepts, misconceptions and alternative conception: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education, 10,* 61-98.

Hills, G. (1989). Students' «untutored» beliefs about natural phenomena: Primitive science or commonsense? *Science Education, 73*(2), 155-186.

Holton, G. (1973). *Thematic origins of scientific thought.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Jenkins, E. W. (1992). HPS and school science education: Remediation or Reconstruction? *In* S. Hills, *Proceedings of the second international conference on the history and philosophy of science in science education* (p. 559-570). Kingston, ON: Queen's University.

Jodelet, D. (dir.) (1989). *Les représentations sociales.* Paris: Presses universitaires de France.

Knorr-Cetina, K. (1981). *The manufacture of knowledge.* Oxford, NY: Pergamon Press.

Koyré, A. (1973). *Études newtoniennes.* Paris: Gallimard.

Kuhn, T. (1983). *La structure des révolutions scientifiques.* Paris: Flammarion.

Larochelle, M. et Désautels, J. (1992). *Autour de l'idée de science. Itinéraires cognitifs d'étudiants et d'étudiantes.* Québec/Bruxelles: Les Presses de l'Université Laval et De Bœck-Wesmaël.

Latour, B. (1989). *La science en action.* Paris: La Découverte.

Lave, J. (1988). *Cognition in practice. Mind, mathematics and culture in everyday life.* Cambridge, GB: Cambridge University Press.

Morin, E. (1986). *La méthode* (Tome 3 – La connaissance de la connaissance). Paris: Seuil.

Moscovici, S. (1984). De la science au sens commun. *In* S. Moscovici (dir.), *Psychologie sociale* (p. 539-566). Paris: Presses universitaires de France.

Pfundt, J. et Duit, R. (1991). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education* (3e éd.). Kiel, Allemagne: Institute for Science Education.

Piaget, J. et Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences.* Paris: Flammarion.

Pope, M. (1982). Personal construction of formal knowledge. *Interchange, 13*(4), 3-14.

Restivo, S. (1988). Modern science as a social problem. *Social Problems, 35*(3), 206-225.

Richards, J. (1991). Mathematical discussion. *In* E. von Glasersfeld (dir.), *Radical constructivism in mathematics education* (p. 13-51). Dordrecht: Kluwer.

Roqueplo, P. (1974). *Le partage du savoir.* Paris: Seuil.

Russell, C. (1983). *Science and social change, 1700-1900.* Londres: The Macmillan Press.

Shapin, S. et Schaffer, S. (1985). *Leviathan and the air-pump: Hobbes, Boyle and the politics of experiment.* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Tiberghien, A. (1989). Phénomènes et situations matérielles: quelles interprétations pour l'élève et le physicien?. *In* N. Bednarz et C. Garnier (dir.), *Construction des savoirs. Obstacles et conflits* (p. 93-102). Montréal: Cirade/Agence d'Arc.

Varela, F. (1989). *Autonomie et connaissance.* Paris: Seuil.

Viennot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire.* Paris: Hermann.