



L'idée de science chez des enseignants en formation : un lien entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions ?

Louise GUILBERT

Danièle MELOCHE

Département de didactique

Faculté des sciences de l'Éducation

Université Laval, Québec

Canada, G1K 7P4

Résumé

L'idée de science chez des enseignants en formation a été investiguée à l'aide d'entretiens de groupe, suivis d'une analyse qualitative. Une certaine hétérogénéité des visions est retrouvée selon les aspects traités : les opinions sur le contexte de mise en œuvre de la science sont en majorité à tendance constructiviste tandis que celles traitant de la nature de la science, de ses finalités ou de ses méthodes sont, pour plus de la moitié, à tendance empiriste. La formation déficiente en histoire des sciences des futurs enseignants leur permettrait-elle de maintenir cette hétérogénéité des visions et de résoudre ainsi le conflit cognitif devant théoriquement en résulter ?

Mots clés : science, enseignants en formation, épistémologie, analyse qualitative, constructivisme.

Abstract

In service teachers' idea of science was investigated through group interviews followed by qualitative analysis based on grounded theory. Their idea of science was polymorphous depending on the science topic discussed : when the science-technology-society context is characterized, almost all ideas are akin to a constructivist view but when the nature of science, its aims or procedures are discussed, more than half of the ideas are typically empiricist views. An inappropriate understanding of the history of science seems to contribute maintaining a constructivist view of actual science and a conflicting empiricist view of science ; in this way, they find a solution to the cognitive dilemma between what they perceive about the scientific production of knowledge and the idealised image that they maintain about it.

Key words : *science, in service teachers, epistemology, qualitative analysis, constructivism.*

INTRODUCTION

Un intérêt soutenu à travers le monde, depuis bientôt quarante ans, a donné lieu à de nombreuses recherches menées afin d'étudier l'idée de science chez les élèves (Cossman, 1969 ; Lederman & Druger, 1985 ; Mackay, 1971 ; Jungwirth, 1971 ; Aikenhead, 1973 ; Aikenhead, Fleming & Ryan, 1987 ; Evans & Baker, 1977 ; Rubba, Horner & Smith, 1981 ; Edmondson, 1989 ; Désautels & Larochelle, 1990 ; Solomon & al., 1992), ainsi que chez les enseignants en exercice (Schmidt, 1967 ; Kimball, 1968 ; Carey & Stauss, 1970 ; Billeh & Hasan, 1975 ; Rubba & Andersen, 1978 ; Elghordaf, 1985 ; Lederman, 1986 ; Brickhouse, 1990 ; Arora & Kean, 1992 ; Dager & Cosman, 1992). Bien qu'il y ait moins de recherches concernant les idées de science ou d'histoire des sciences chez les futurs enseignants, ces dernières ont aussi été scrutées : Carey & Stauss, 1968 ; Cotham & Smith, 1981 ; Ogunniyi, 1982 ; Scharman, Harty & Holland, 1986 ; Akindehin, 1988 ; Aguirre & al., 1989 ; Abell & Smith, 1992 ; Haggerty, 1992 ; Guilbert, 1992. En résumé, il semble que les élèves et leurs enseignants, malgré certaines différences mineures, partagent une idée de science qui présente peu de recouvrements avec les discussions épistémologiques contemporaines dominées par le constructivisme.

Plusieurs approches ont été choisies par ces chercheurs tout au long de ces années :

- 1) l'investigation de l'idée de science chez les élèves,
- 2) le développement, la mise en application et l'évaluation de stratégies visant à modifier l'idée de science chez les enseignants,
- 3) l'identification des relations entre l'idée de science des enseignants, leur pratique d'enseignement et l'idée de science des élèves.

Il est important de tenir compte du processus et du contexte d'élaboration de l'idée de science chez les futurs enseignants avant de mettre à l'essai des stratégies d'enseignement visant à la modifier. Ce que propose cette recherche, c'est une investigation axée sur une meilleure compréhension du processus de construction, de manière à ce que les stratégies de changement conceptuel puissent s'y arrimer plutôt que s'y juxtaposer. De plus, parmi toutes ces recherches visant à décrire ou caractériser l'idée de science, peu d'entre elles se sont attardées à expliquer les lents changements conceptuels de l'idée de science, ce qui constitue une lacune importante. Beaucoup de chercheurs ont utilisé des approches quantitatives ou semi-quantitatives ; à notre avis, tout comme le souligne aussi Lederman (1992, p. 352), une approche qualitative peut permettre une compréhension plus profonde et plus contextuelle de l'idée de science. Selon une recherche de Lederman & O'Malley (1990), les résultats qualitatifs laissent percevoir une vision de la science beaucoup plus sophistiquée que celle retrouvée au moyen d'un simple questionnaire. Nous avons donc utilisé les entretiens comme moyen de collecte des données, lesquels ont aussi fait partie d'une approche pédagogique visant à faire prendre conscience aux futurs enseignants de leur idée de science.

Les recherches traitant de la vision de la science, tant celle des élèves que celle des enseignants, permettent des retombées théoriques mais aussi des implications sociales importantes, en particulier pour ce qui concerne la capacité de prise de décision des citoyens ordinaires face aux experts scientifiques et le développement d'une pensée critique (Guilbert, 1990). De plus, Brickhouse (1989 ; 1990) et Gallagher (1991) ont émis l'hypothèse que l'idée de science des enseignants puisse affecter leurs stratégies d'enseignement. Par exemple, ceux qui ont une vision empiriste de la science seraient davantage portés à utiliser un enseignement de type déductif et à enseigner des vérités établies, plutôt que leur mode de production. Le langage utilisé par les enseignants influencerait aussi le rapport au savoir des élèves, et éventuellement leurs stratégies d'apprentissage. Un recul critique face à la science et à son mode de production du savoir constitue même une partie intégrante du développement d'une culture scientifique (Roberts, 1983 ; Carey & Stauss, 1970 ; Conseil des sciences du Canada, 1984). Il nous apparaît donc essentiel d'étudier l'idée de science chez les enseignants compte tenu de ces enjeux sociaux et didactiques.

Avant d'en présenter les résultats, la description de l'idée de science sous-jacente à notre recherche concernant des futurs enseignants sera esquissée. Plusieurs philosophes, sociologues ou épistémologues (Kuhn, 1972 ; Popper, 1962 ; Lakatos, 1970 ; Toulmin, 1972 ; Laudan, 1977 ; Shapere, 1977 ; Suppe, 1977) se sont consacrés à caractériser la nature de la science et le mode de production de son savoir. Par leurs travaux, ces auteurs ont contribué à définir le savoir scientifique comme une construction intellectuelle dans un contexte socio-historico-politique. L'idée de science à laquelle nous adhérons s'apparenterait aux idées mises en avant par Toulmin et Kuhn, selon les-

quelles les théories seraient des constructions spéculatives permettant une collecte plus systématique d'observations. Elles tireraient leur origine d'un acte créatif tenant à la fois de la logique et de la créativité, c'est-à-dire d'une construction de l'esprit confrontée à l'expérimentation. L'abandon d'une théorie pour une autre serait un processus collectif influencé à la fois par le contexte socio-historique, des valeurs professionnelles, sociales et psychologiques, mais aussi par la valeur prédictive et l'utilité de la théorie. L'observation seule ne permettrait pas la falsification d'une théorie puisqu'il n'y aurait pas d'expérience cruciale. Ainsi, la véracité du savoir ne pourrait être ni prouvée, ni confirmée par des observations, mais seulement objectivée collectivement. Il n'y aurait pas préexistence d'une réalité indépendante de nous, telles des lois immuables vers lesquelles tendrait le savoir scientifique dans sa quête de vérité. Le progrès du savoir ne serait pas une progression continue vers une vérité, mais plutôt une notion relative jugée selon le contexte historique¹. Afin de mieux cerner ces diverses facettes de la science et leurs interrelations, nous avons opté pour des entretiens non directifs portant sur ces thèmes.

1. ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES

1.1. Description du groupe de futurs enseignants

La population à l'étude est constituée de 36 étudiants inscrits à un certificat en enseignement collégial ou secondaire (96 %) ou à un baccalauréat en enseignement secondaire (4 %). Étant donné que la majorité d'entre eux détiennent au moins un baccalauréat en sciences pures (49 %), en sciences appliquées (23 %) ou en sciences de la santé (18 %), nous parlerons des futurs enseignants de science. Les étudiants ont participé volontairement à des entretiens de groupe avant de recevoir tout enseignement formel portant spécifiquement sur l'épistémologie des sciences. Très peu ont plus d'un an d'expérience en enseignement (11 %) ou en recherche (16 %). Le pourcentage d'étudiants ayant suivi des cours en philosophie ou en histoire des sciences est de moins de 5%.

Au sujet des habitudes intellectuelles ou sociales, ces futurs enseignants semblent avoir souvent (31 %) des discussions avec des chercheurs. Le pourcentage de ceux qui affirment lire des articles de vulgarisation scientifique (40 %) ou des revues scientifiques (31 %) est plus élevé que le pourcentage de ceux qui s'adonnent à la lecture de livres traitant de philosophie des sciences, puisqu'environ 62 % affirment ne jamais en lire.

1. Nous sommes conscientes que ce bref aperçu ne peut à lui seul donner une idée exacte de nos croyances épistémologiques. Nous renvoyons le lecteur aux divers auteurs pour une analyse plus exhaustive.

1.2. Protocole d'entretien

Les 36 étudiants qui se sont portés volontaires ont été subdivisés en cinq groupes. Les entretiens non directifs (Gauthier, 1984) ont duré de 75 à 90 minutes. Les consignes données aux étudiants en début d'entretien visaient à leur faire réaliser que l'important était de communiquer leur opinion plutôt que de chercher à identifier "la" bonne réponse. Le canevas d'entretien était constitué de questions ouvertes ayant trait aux caractéristiques de la science, à ses finalités, son mode de production des connaissances, son contexte de mise en œuvre dans la société, etc. Les futurs enseignants ont participé avec enthousiasme et avaient spontanément beaucoup de choses à dire. Les divergences d'opinion ont semblé avoir été exprimées librement dans les différents groupes qui, de par leur petite taille, ont stimulé les discussions.

1.3. Analyse qualitative des entretiens

L'enregistrement des discussions a été transcrit verbatim (mot à mot), puis le texte a été relu par les interviewers afin de corriger des erreurs potentielles de transcription. Ensuite a eu lieu la préparation du discours, c'est-à-dire que le texte a été rendu plus conforme au langage écrit (Bardin, 1977). Enfin, le discours a été découpé en unités de signification (Michelat, 1975, p. 238), qui ont été numérotées de manière à faciliter le repérage d'un groupe d'entretien, la page et le numéro de l'unité de signification (ex : A-24.10).

Quarante-quatre unités de signification sont rapportées dans le texte à titre d'illustration. Suite au regroupement du discours des divers groupes d'entretien, des découpages successifs ont permis l'identification de 607 unités de signification. Ces dernières ont été regroupées en catégories et sous-catégories (voir les titres et les sous-titres de la section résultats), après une analyse comparative constante entre les diverses unités de signification. Ces catégories sont dites émergentes ou ancrées dans les données, puisqu'elles sont issues à la fois des données et des catégories implicites du chercheur, au moyen d'une approche inductive ("*grounded theory*" de Strauss & Corbin, 1990). Les nombres entre parenthèses dans le texte indiquent le nombre d'unités de signification liées à une catégorie citée.

Pour ce qui est de l'analyse, il est évident qu'elle peut se faire à plusieurs niveaux d'abstraction (formalisation) ou d'interprétation (herméneutique). Selon le degré de formalisation, certains auteurs parlent d'abstraction substantive lorsque les catégories ont "*...tendance à utiliser les termes mêmes des acteurs pour désigner les processus et les comportements à expliquer ...*" (Laperrière, 1982, p. 37), ou d'abstraction formelle lorsqu'il s'agit de "*la construction de catégories en tant qu'explication des catégories substantives ou dans le but d'être généralisées à des situations formellement semblables*" (Laperrière, 1982, p. 37). Selon le niveau d'interprétation ou d'herméneutique, certains auteurs parlent de contenu manifeste *versus* contenu latent (L'Écuyer,

1987, p. 51) ou encore du signifiant *versus* signifié, de sens premier *versus* sens caché (Mucchielli, 1984, p. 23-25).

Concernant notre analyse, la première catégorisation s'apparente au vocabulaire général des thèmes à l'étude et liés à la science (nature, finalités, méthodologie, contexte, objectivité, scientifiques, etc.) et à nos préoccupations de recherche. La deuxième catégorisation traite davantage le "comment", c'est-à-dire ce que pensent les sujets, leurs points de vue et leurs interprétations. Les propriétés ou caractéristiques des catégories ne sont pas données a priori, mais bien induites à partir d'une généralisation et d'une formalisation des propriétés des unités de signification regroupées de façon intuitive dans un premier temps. Après leur description permettant au lecteur de conceptualiser le contenu d'une catégorie, les caractéristiques de cette catégorie sont qualifiées ("*dimensionalized*") (Strauss & Corbin, 1990, p. 72) à l'aide d'une échelle comportant soit des pôles dichotomiques, soit des positions intermédiaires. Ces qualificatifs permettent de mieux décrire la diversité des sens attribués par les sujets à un thème donné.

2. VERS UNE CARACTÉRISATION DE L'IDÉE DE SCIENCE

Suite à l'analyse de l'ensemble des unités de signification (607), voici les aspects retrouvés lors de la première catégorisation : nature de la science (156), finalités (50), méthodologie (57), contexte (115), objectivité (56), caractéristiques des scientifiques (108), scientificité (29) et aspect historique (36). Selon les facettes de la science qui sont envisagées, des tendances tantôt empiristes¹, tantôt constructivistes, tantôt scientistes² sont retrouvées. Les résultats seront illustrés à l'aide de quelques extraits de catégories pouvant apporter un éclairage sur les connaissances des futurs enseignants en histoire des sciences et sur leur idée de science : la nature de la science, son contexte de mise en œuvre, le concept d'objectivité et enfin, l'aspect historique.

1. Selon Chalmers (1988), pour un empiriste naïf, le savoir est ce qui a été prouvé ou confirmé par des observations. Ces dernières seraient objectives et permettraient l'élaboration de lois et de théories par induction. Les observations objectives et l'induction constituent la méthode scientifique qui garantit le progrès vers une vérité probable. Les concepts scientifiques ont une réelle existence et sont accessibles aux sens.

2. En ce qui concerne le scientisme, Levy-Leblond et Jaubert (1975) en donnent une définition intéressante : "*La science est, pour le grand public et même pour beaucoup de scientifiques, comme une magie noire, et son autorité est à la fois indiscutable et incompréhensible. Ceci rend compte de certaines des caractéristiques du scientisme comme religion. En tant que tel, il est tout aussi irrationnel et émotionnel dans ses motivations, et intolérant dans sa pratique journalière, que n'importe laquelle des religions traditionnelles qu'il a supplantées*" (p. 42). "*La science et la technologie issue de la science peuvent résoudre les problèmes de l'homme, et elles seules. Ceci s'applique également aux problèmes humains, notamment aux problèmes psychologiques, moraux, sociaux et politiques*" (p. 46). "*Seuls les experts sont qualifiés pour prendre part aux décisions car seuls les experts "savent"*" (p. 46).

2.1. Nature de la science

En réponse à une question visant à faire réfléchir les étudiants sur les différences entre la science et les arts, les unités de signification obtenues ont pu être classées en quatre grandes tendances :

- la science en tant que démarche ;
- la science comme un ensemble de connaissances ;
- la science comme une organisation sociale comportant des règles ;
- la science comme un langage.

C'est cependant la démarche ou la méthode scientifique qui retient le plus l'attention comme caractéristique principale de la science. En effet, presque la moitié (14 sur 29) des unités de signification relatives à la nature de la science, réfèrent à la méthode ou à la démarche à suivre : *"Dans les sciences, il y a une méthode, tu as une démarche scientifique, une façon de procéder toujours rigoureuse"* (A-2.1) ; *"Une démarche scientifique, il y a des étapes très précises à observer pour obtenir une démarche valable"* (B-1.2).

Globalement, ce qui interpelle au premier regard, c'est la presque adéquation de la science à la démarche scientifique, pour près de la moitié des unités de signification. Qu'une certaine approche méthodologique soit typique des sciences, nous en convenons, mais l'idée d'une méthode, d'une démarche avec des étapes très précises, très rigoureuses, prédéterminées à l'avance, semble s'apparenter à un empirisme naïf (Nadeau & Désautels, 1984), où il n'y aurait qu'à suivre la démarche pour arriver à "la" bonne réponse.

En plus de parler de la méthodologie propre à la science, les futurs enseignants ont tenté de quantifier le savoir à douze reprises. En effet, six unités de signification révèlent une prise de conscience de la nature infinie des connaissances à construire : *"[Nos connaissances en science] c'est comme un grain de sable sur l'ensemble des connaissances qui nous manquent encore..."* (B-25.6), tandis que les six autres unités de signification semblent indiquer que, maintenant, il y a moins de choses à découvrir qu'au début de la recherche scientifique. Cette vision semble reposer sur le présupposé suivant : nos connaissances actuelles sont un acquis sur lequel il n'est pas nécessaire de revenir, sur lequel on peut bâtir d'autres connaissances. En ce sens, il reste moins de choses à découvrir même s'il en reste beaucoup : *"Avant [en science], il y avait plus de choses à découvrir, à formuler, à faire que maintenant. Plus ça va, plus on se spécialise ; maintenant on se sert de ce qu'eux ont fait, ils ont été des précurseurs"* (B-24.3).

Cette croyance en l'existence d'une pyramide de connaissances s'appuyant sur les connaissances antérieures, plutôt que sur une réorganisation continue des connaissances, semble induire une autre croyance selon laquelle il était plus facile de "faire des découvertes" au tout début de la science moderne puisqu'il y avait plus de choses à découvrir. Cette opinion rejoint une

vision réaliste¹ qui implique que les connaissances scientifiques tendent vers les lois de la nature : *“Maintenant les gros bonds vont être de moins en moins nombreux car avant il y avait tellement de choses à découvrir que si tu avais le moins d’esprit...”* (A-11.4 - 11.5).

En cours d’entretien, les futurs enseignants ont abordé spontanément l’aspect de la véracité des connaissances. Il est étonnant de constater la grande variété de qualificatifs utilisés pour traiter de cet aspect : dans les 17 unités de signification s’y rapportant, les sujets ont qualifié les connaissances scientifiques comme étant vraies (7), presque vraies (2), généralement vraies (3), non encore prouvées (2), pas nécessairement vraies (2), pas adéquates en fonction de la réalité (2) et admises temporairement (3). Ces termes utilisés pour décrire la véracité des connaissances représentent presque un continuum, bien qu’il semble que le pôle véracité (14/20) attire plus d’adeptes que le pôle connaissances admises temporairement et ne représentant pas la réalité. A l’extrême du continuum, on retrouve une vision qui comporte une réalité accessible pour laquelle les lois de la nature sont préexistantes au chercheur, lois qu’il suffit de découvrir et de révéler à la connaissance : *“Les premiers pionniers (Darwin, Einstein) ont fait resurgir les grandes lois, leurs lois, leurs théories existent. Ces grands ont ouvert des portes”* (C-16.5). Il semble, d’après certains étudiants, qu’il soit même possible de distinguer le vrai du faux : *“Les expériences vont permettre, avec le moins de temps possible et le moins d’argent possible, de répondre aux questions de départ, d’éliminer les fausses réponses et de cerner les bonnes”* (A-6.1.4).

Quelques opinions visent à caractériser la science elle-même plutôt qu’une de ses composantes, comme les connaissances scientifiques. Les deux principales caractéristiques abordées traitent du caractère fondamental ou non des recherches scientifiques et de l’aspect “concret” de la science. Plusieurs unités de signification (5) mettent en opposition la recherche des principes fondamentaux, typique des chercheurs au tout début de la science moderne, et la recherche dans des domaines ultra-spécialisés (7) ou moins fondamentaux (1) qui serait davantage le lot des chercheurs actuels : *“Les pionniers de la science (Darwin, Einstein) se préoccupaient des choses globales tandis que maintenant les chercheurs s’en vont dans des petits domaines précis”* (C-17.1) ; *“[Maintenant en science] [on travaille] sur des détails, on perfectionne ce qui a été établi”* (A-11.1) ; *“Maintenant, il y a peut-être moins de choses fondamentales [à découvrir]”* (B-24.5).

Le mythe d’une construction progressive et évolutive des connaissances semble présent dans ces remarques ; le perfectionnement du savoir paraît sous-tendu par le présupposé suivant : ce qui est déjà trouvé est vrai,

1. Pour les réalistes, les entités théoriques correspondent à la réalité même si elles sont non observables. La science vise la description vraie de ce qu’est réellement le monde. Les lois scientifiques tendent vers des lois immuables qui régissent la nature. Il y a une réalité qui a un mode d’existence indépendant du savoir humain et qu’il faut démasquer même si elle n’est pas directement accessible (Chalmers, 1988).

donc immuable, alors il reste moins de choses à découvrir et notre tâche est de perfectionner ce qui a déjà été "découvert". De plus, les futurs enseignants semblent croire :

1) que ce qui est de l'ordre des "choses fondamentales" est presque entièrement "découvert" et qu'il ne reste qu'à perfectionner ce déjà acquis ;

2) qu'en faisant de la recherche, le chercheur sait s'il vise la découverte de "grands principes fondamentaux" ou le perfectionnement de connaissances ultra-spécialisées.

Contrairement aux catégories relatives à la nature de la science, à ses finalités et à sa méthodologie, qui sont à tendance plutôt empiriste, la catégorie traitant du contexte est davantage à tendance constructiviste. Voyons de plus près ce qu'en disent les futurs enseignants.

2.2. Contexte

Cette catégorie concerne ce que d'autres appellent les relations science-technologie-société. Au sujet de cette catégorie, divers aspects ont été traités par les futurs enseignants : l'influence de la science sur la société (18) ; l'influence de la société sur la science (48) ; la relation science-technologie (6) ; la compétition *versus* coopération en science (29) et la responsabilité éthique des scientifiques (14).

L'aspect compétition-coopération entre les chercheurs a été considéré dans cette catégorie plutôt que dans la catégorie décrivant les scientifiques, à cause de l'insistance répétée des futurs enseignants à mentionner que la société et ses règles de fonctionnement provoquent cette situation. Le fait que l'influence de la société sur la science soit davantage traitée que l'inverse est un peu surprenant au premier abord. En effet, l'aspect historique des manuels scolaires traite habituellement davantage de l'influence de la science sur la société par ses applications que des courants d'idées et des influences socio-politiques sur la science.

L'influence de la science sur la société

Dans cette section, les étudiants ont toutefois traité davantage des applications de la science (10) que des autres aspects : le mythe scientifique (6) et l'influence générale de la science sur la société (2). Les applications y sont traitées de trois manières : leur utilisation par la société (4) ; leurs effets néfastes sur cette même société (4) et la vue à court terme (2) que démontre la société face à ces applications technologiques découlant de recherches scientifiques. Concernant le mythe scientifique, quelques interventions (6) laissent croire que les étudiants sont conscients de l'aura dont jouit la science auprès de la population : *"On abuse du mot scientifique pour donner plus de crédibilité à la connaissance"* (B-10.4 - 10.5) ; *"La société se sent toujours un petit*

peu intimidée par l'homme de science parce qu'il a le savoir, il a les connaissances" (C-15.4).

Globalement, il semble que les étudiants soient conscients des effets bénéfiques des applications de la science dans la société et de leur appropriation par la société ; toutefois ce sont surtout les effets néfastes qui attirent leur attention. Malgré le fait que le mythe scientifique soit dénoncé, il semble que la possibilité que certains y adhèrent soit encore présente, surtout si on considère qu'une des finalités de la science était, selon quelques étudiants, le contrôle de la société par la science.

L'influence de la société sur la science

Les futurs enseignants avaient beaucoup de choses à dire à propos de l'influence de la société sur la science ; en effet, 48 unités de signification réfèrent à cet aspect. Les contraintes (27) subies par les chercheurs, de même que l'influence de la société sur les valeurs des scientifiques (11) et sur les sujets de recherche (10) sont décrites en détail. Ce sont les contraintes liées à l'obtention de sources de financement qui semblent au cœur du problème. De plus, selon quelques unités de signification (13), cette nécessité de trouver le financement essentiel à la bonne marche des projets aurait un impact certain sur le choix des domaines de recherche privilégiés par les chercheurs : *"Si la société n'accorde pas d'importance à ton projet, t'as pas d'argent. Il y a des gens qui sont là pour interpréter ce que la société veut"* (A-15.11 - 15.13). Ces contraintes d'argent se traduiraient par une course à la production de résultats de recherche et à leur publication (7) : *"[Vulgariser sa recherche] c'est son rôle primordial [du scientifique] car s'il n'est pas capable d'intéresser la population ou d'autres personnes, sa raison d'être, elle, n'y sera plus et il ne sera pas capable d'aller chercher des fonds"* (D-18.3.1). L'influence de la société sur les valeurs privilégiées par les scientifiques (11) et sur le choix des domaines de recherche (10) semble très bien décelée par les étudiants : *"La science est à l'image de la société. La société fonctionne par compétition. La science est une attente [de la société]. Dès qu'il y a une découverte, le premier qui en fait l'application en sort gagnant. Si on veut changer la science, il faut changer la société"* (C-15.1).

Le cycle d'influence de la société par le biais des sources de subvention semble bien compris des étudiants. La population favoriserait certains domaines de recherche, comme la santé, et ferait des pressions auprès des membres du gouvernement qui, eux, favoriseraient davantage le financement de certains projets au détriment des autres. Les chercheurs, afin de continuer à obtenir leurs précieuses sources de financement, se sentiraient obligés de produire à tout prix des résultats de recherche et de publier. L'imprégnation aux scientifiques des valeurs de la société, comme de tout autre citoyen, est une autre source d'influence. En ce sens, les valeurs de la société orienteraient les choix des scientifiques quant à certains problèmes ou domaines de recherche.

La compétition et la coopération dans la communauté scientifique

L'existence d'une certaine compétition ou, à tout le moins, d'une absence de coopération est traitée 18 fois, malgré la reconnaissance d'une certaine forme de coopération (11) chez les scientifiques. Cette compétition est perçue tant entre les équipes travaillant sur des sujets similaires, qu'entre chercheurs d'une même équipe. La compétition entre les chercheurs serait principalement due aux contraintes que ces derniers doivent subir (13), surtout celles liées à la publication ou à l'obtention des subventions : *"Tu te dois d'avoir un article qui sort. Si tu es pressé quand tu prépares ton expérience [car] à tel laboratoire ils ont eu ton idée, tu vas te dépêcher d'avoir des données sans avoir fait une vraie couverture de la littérature ni avoir bien réfléchi au matériel et à la méthode"* (A-9.1.2).

Il ressort des remarques des étudiants que la compétition s'accroît entre les équipes travaillant sur un même sujet. De plus, cette lutte pour "produire" des résultats pourrait même avoir sa source dans une lutte entre divers pays pour faire valoir leur réputation internationale au niveau de la recherche. Malgré le fait qu'une compétition soit omniprésente, il semble qu'une certaine coopération (11) puisse se faire sentir dans une même équipe de chercheurs. Ce constat de la prédominance de la compétition sur la coopération, principalement à cause des contraintes, est pour certains loin de la science idéalisée, telle qu'elle est enseignée dans les manuels scolaires et véhiculée par les médias, ce qui semble entraîner pour eux une désillusion face à la "Science".

La catégorie traitant du contexte dans lequel s'effectue la construction du savoir scientifique paraît être celle où les futurs enseignants sont le plus au fait des règles implicites des relations science-société. Selon eux, les scientifiques seraient influencés par la société quant aux problèmes à résoudre, tant par les valeurs implicites de cette dernière que par les contraintes de subvention. En retour, les connaissances scientifiques influenceraient positivement ou négativement la société de par leurs impacts technologiques. La compétition dans le domaine scientifique serait provoquée par la course aux subventions, elles-mêmes assujetties aux publications. Malgré cette compétition parfois féroce, une certaine coopération intéressée existerait dans la communauté scientifique.

2.3. Objectivité

L'objectivité de la science et des connaissances scientifiques

Au sujet de la science et des connaissances scientifiques, c'est l'aspect objectivité qui recueille deux fois plus la faveur des étudiants, avec 13 unités de signification contre 6 pour la subjectivité : *"Dans les sciences, une*

théorie ne peut pas être bonne pour quelqu'un et pas bonne pour un autre [...] il n'y a pas de jugements de valeur (A-2.5) ; *“[La connaissance scientifique est neutre] ce qui est vrai est vrai, ce qui est croche [erroné] est croche”* (B-49.9) ; *“La loi de la pesanteur ça peut pas être plus neutre que ça. La composition du sang c'est une connaissance, c'est... neutre”* (B-30.5) ; *“Les connaissances scientifiques, ce n'est pas d'origine humaine... pas nécessairement en dehors mais pas nécessairement centrées sur nous autres ; cela concerne ce qui nous entoure”* (B-9.4 - 9.5).

Il est intéressant de noter que les connaissances scientifiques sont qualifiées par certains (4) de subjectives : *“On peut faire dire n'importe quoi aux statistiques”* (B-47.2) ; *“La connaissance varie beaucoup du point de vue de l'observateur”* (B-45.2.2). Pour la science (2), le qualificatif semble plus modéré ; elle est qualifiée de subjective-objective : *“La science essaie d'être neutre face aux croyances, mais ça c'est dur”* (C-21.2).

La neutralité de la connaissance scientifique pourrait être reconnue par certains (2) si elle était vérifiée et acceptée par les pairs : *“Une connaissance scientifique pourrait être neutre si la même connaissance a été rapportée par plusieurs auteurs sur le même sujet. Si elle est communément acceptée de façon générale, on peut presque dire que c'est neutre”* (B-50.1 - 50.2).

L'objectivité des scientifiques

L'objectivité semble être un état accessible aux scientifiques (7) même si elle est considérée par plusieurs (5) comme difficilement réalisable. Certains qualificatifs utilisés pour décrire les scientifiques face à leur objet d'étude correspondent aux postulats de base de l'empirisme où l'observateur peut se détacher complètement de l'objet par souci de neutralité : *“En science, la personne peut être séparée de l'objet d'étude”* (B-5.3) ; *“Un scientifique travaille sur quelque chose d'extérieur à lui-même”* (D-21.4). L'objectivité étant considérée comme souhaitable et possible, certains étudiants donnent même des conseils d'usage sur les dispositions à adopter : *“Pour être un bon observateur objectif, il faut que tu regardes les choses sans même réfléchir. Tu les enregistres comme elles viennent, tu n'essaies pas de voir les relations”* (A-28.3).

Au sujet de la difficulté à être totalement objectif, plusieurs remarques (5) laissent croire à une prise de conscience de la part des étudiants :

“L'aspect scientifique et l'aspect sentiment, il faut que ça se sépare car tes propres impulsions peuvent t'amener à voir quelque chose qui n'est pas vraiment dans les faits” (B-4.6).

*“[Être objectif c'est] voir un phénomène en admettant que ce qu'on a émis comme hypothèse peut être détruit. Si tu travailles sur une affaire puis que ça ne marche pas... tu trafiques les résultats ou tu acceptes d'être objectif complètement. Même si la plupart du temps c'est **inconscient**, tu*

recommences, tu recommences puis à force de te tromper ça va donner ce que tu veux" (A-25.11).

Ici, il semble que pour certains, la difficulté d'être totalement objectif n'est pas perçue comme quelque chose de conscient mais plutôt comme des pulsions ou des intentions inconscientes. Par contre, parfois la subjectivité est franchement admise (4) : *"Dans leurs explications de la réalité scientifique, [les scientifiques] ne sont pas neutres, ils charrient leurs valeurs"* (B-30.2.2) ; *"La façon qu'on voit les choses... on est toujours un peu biaisé [...]. L'objectivité c'est vraiment entre guillemets"* (A-25.12).

Le manque d'objectivité, amené par des contraintes du contexte de mise en œuvre de la science, est abordé à plusieurs reprises (10). Ces contraintes peuvent être, selon les futurs enseignants, une des causes du manque d'objectivité. La nécessité d'obtenir des résultats à tout prix en vue de publier est aussi citée (6). A ce sujet, la contrainte la plus souvent citée (4) est la course aux subventions. La nécessité d'obtenir des sources de financement orienterait le choix et l'interprétation des résultats :

"Les scientifiques sont prêts à fausser un peu les notes [pour ne pas réfuter ses recherches antérieures]. [La reconnaissance par ses pairs] de sa compétence, ses années de recherche, ou son avenir face aux subventions, peuvent remettre en cause [influencer] « l'objectivité » du chercheur" (C-20.5).

En plus d'un manque d'objectivité inconscient ou à cause de contraintes, quelques unités de signification suggèrent même une certaine malhonnêteté érigée en système à certains endroits : *"Dans certains projets [les chercheurs principaux] disaient [aux étudiants gradués] de cacher les résultats parce que cela s'écartait de la vérité qu'ils voulaient prouver [rires]"* (B-48.1).

L'objectivité de la science, de la connaissance scientifique et des scientifiques est un aspect qui a été abordé spontanément par les étudiants et qui a soulevé une grande passion. Au niveau de la science et des connaissances scientifiques, deux fois plus d'unités de signification vont dans le sens d'une objectivité plutôt que l'inverse ; bien plus, quelques-uns semblent même avoir une certaine pudeur à taxer la SCIENCE de subjective. Par contre, lorsque l'objectivité des scientifiques est abordée, plusieurs semblent réaliser la difficulté à atteindre cet idéal qui serait quand même plausible selon eux. A leur avis, les scientifiques peuvent et doivent être objectifs, mais cette objectivité n'est pas nécessairement présente chez ces derniers. Plusieurs parlent de non-objectivité à cause des contraintes de financement, et même de "trafiquage" des résultats.

Cette vision dichotomique un peu paradoxale étonne : d'un côté la science est objective, mais de l'autre côté, ceux qui la font ne le sont pas. Une question sur cet aspect a été posée directement à un groupe afin de mieux comprendre ce paradoxe, mais celui-ci n'a pu donner aucune réponse claire. Il semble exister un décalage entre leur idée de science telle qu'elle

s'est construite tout au long de leurs études, et leur prise de conscience du contexte réel dans lequel s'effectue l'élaboration des connaissances scientifiques. Les postulats de base de la science empiriste (réalité accessible à la connaissance, séparation sujet-observateur, connaissances issues de faits "réels" par induction) sont peu compatibles avec les expériences vécues par eux ou par des collègues, en tant qu'étudiants gradués ou lors de contacts avec des chercheurs.

Mais quel est le chaînon manquant qui nous permettrait de comprendre cette hétérogénéité des visions et cette hésitation à qualifier la science de non objective ? Une meilleure compréhension de leur vision de la science, telle que celle-ci a contribué à l'élaboration des connaissances avant cette deuxième partie du vingtième siècle, pourrait nous éclairer sur le mode de raisonnement utilisé pour justifier leur prise de position. La méconnaissance de l'histoire des sciences pourrait-elle expliquer, du moins en partie, la difficulté qu'ont les futurs enseignants à résoudre cette apparente incohérence ?

2.4. Aspect historique

Suite à une question posée spécifiquement sur les différences possibles entre la science faite par Darwin ou Einstein et celle d'aujourd'hui, 35 unités de signification ont été classées en trois catégories : la méthodologie (15), les scientifiques (12) et l'influence mutuelle de la science et de la société (8).

Concernant la méthodologie, 4 unités de signification sur 5 soutiennent que les scientifiques utilisaient surtout leur créativité :

"Maintenant c'est vraiment tout classé ; pour arriver avec une grosse théorie qui embarquerait tout, on ne peut encore suivre un procédé comme ça [l'imagination] [car] c'est beaucoup trop poussé" (D-9.6.2).

Il semble que pour certains il y ait eu moins de moyens techniques (3/15) mais plus de hasard (2/15). *"Avant, les gens [scientifiques] étaient beaucoup plus créatifs, ils se débrouillaient avec [peu] de moyens. Aujourd'hui, on a beaucoup de techniques très éprouvées"* (A-18.12).

Il n'est pas étonnant de retrouver la notion de hasard puisque l'histoire événementielle en foisonne ; par exemple, si Newton n'avait pas eu une pomme lui tombant sur la tête... aurait-on eu la loi de la gravitation universelle ? Au sujet des qualificatifs utilisés pour caractériser les scientifiques, des unités de signification précisent que les scientifiques "d'avant" avaient moins de connaissances (2/12), étaient isolés et peu nombreux (2/12), étaient plus libres ou subissaient moins de contraintes (2/12) ou encore étaient perçus comme non utiles (2/12) par la société.

Voici quelques extraits de verbatim nous précisant en quels termes les futurs enseignants les qualifient : *"[Avant] la population encourageait un peu moins les scientifiques à développer les sciences, c'était des marginaux"*

(B-26.4) ; *“Dans ce temps-là, il y avait plusieurs [chercheurs] qui faisaient exactement ce qu'ils voulaient”* (A-23.1).

“Avant [en science], ils [les chercheurs] avaient autant de difficultés sinon plus que nous autres présentement [...] Ils avaient un certain niveau qui était peut-être plus avec ce qu'ils vivaient tandis que nous autres c'est plutôt pour la société [...], [avant] c'était plus terre à terre [...] Nous autres, c'est beaucoup plus [long], il faut que tu fasses longtemps des études” (D-26.7).

La représentation que se font les étudiants des éléments ayant permis l'élaboration de certains savoirs semble accorder un haut statut à la créativité (4) et au hasard (2). Il se pourrait que ces deux facteurs soient associés à l'idée qu'autrefois la quantité de connaissances à “découvrir” était plus grande, donc le chercheur avait plus de chances d'être favorisé par le hasard : *“Aux origines [de la science], tout était à découvrir ; en ces temps-là tu laissais aller ton imagination”* (D-9.6.1 - 9.7.1).

Concernant la période du début de la science post-baconienne, ce qui ressort des propos tenus par les futurs enseignants, c'est que les scientifiques étaient perçus par les sociétés d'alors comme non utiles, qu'ils étaient peu nombreux et travaillaient de façon isolée. Cet état d'isolement aurait suscité moins de contraintes face à leurs sujets de recherche ou à la production de résultats : *“Avant, le rythme de vie était plus lent, les scientifiques étaient peu nombreux. Leur **état d'isolement** leur permettait de se **concentrer** sur leur sujet et de prendre leur temps”* (A-19.8.1). Cependant, l'envers de la médaille concerne les réticences de la société envers les connaissances des scientifiques et la lutte de pouvoir entre l'Église et la Science : *“[Avant] tu avais la science d'état si tu veux, approuvée par l'Église”* (A-21.8).

Le recul historique des étudiants et leur représentation du contexte de mise en œuvre de la science d'aujourd'hui semblent, à plusieurs égards, peu conformes à la vision qu'en ont certains historiens et philosophes des sciences :

“Dans le temps, il y avait la communauté scientifique puis de l'autre côté les hérétiques. Aujourd'hui, le problème ne se pose plus [...] l'aspect terre à terre de l'observation mise sur papier, c'est classé comme une science” (A-22.11).

*“Avant, ce qui motivait plus les gens à faire de la recherche, c'est qu'il fallait qu'ils **s'ingénient à améliorer leurs conditions de vie**, non pas juste leur survie [...]. On n'a pas la préoccupation, comme ils l'avaient avant, d'améliorer nos conditions”* (D-24.12).

L'histoire hagiographique n'est peut-être pas étrangère à cette vision retrouvée chez ces futurs enseignants. Il serait même intéressant de vérifier jusqu'à quel point ce portrait idéalisé peut inciter des individus à éviter une carrière dans ce domaine, puisque bien peu de gens intéressés aux sciences doivent se considérer comme des génies en puissance.

L'influence mutuelle de la science et de la société a aussi généré plusieurs commentaires de la part des futurs enseignants, principalement au sujet des réticences de la société face aux rôles de la science et à la crédibilité à accorder aux découvertes (4 unités de significations sur 8) : *"Dans le temps, quand Darwin a sorti son livre, il s'est fait frapper dessus"* (A-22.5).

Deux autres unités de signification caractérisent les aspects "application et neutralité de la science" avec un point de vue historique :

*"Dans les deux cas [avant et maintenant], ils [les chercheurs] cherchent pour chercher [...]. Les **applications** sont beaucoup plus rapides [maintenant] lorsque tu fais une bonne découverte. Les retombées reviennent beaucoup plus vite sur le chercheur"* (D-27.1).

*"La science est neutre politiquement. Avant la science était neutre, elle faisait sa recherche, elle était concernée par sa recherche, par ses découvertes, par **ses avancements**. Elle ne prêtait pas attention aux possibilités d'utilisation. Plus ça va, moins la science est neutre"* (C-21.10).

Par rapport à la neutralité de la science, plusieurs applications militaires potentielles ayant servi de moteur à certaines recherches semblent méconnues des futurs enseignants. En résumé, il semble que le manque de connaissances historiques de plusieurs étudiants demeure un obstacle à leur compréhension du fonctionnement, des contraintes, des limites et des motivations de la science actuelle.

3. INTERPRÉTATION ET DISCUSSION

Suite à l'analyse de ces diverses catégories, il semble qu'une certaine hétérogénéité des visions ait cours parmi le groupe à l'étude. En effet, au sujet du contexte de mise en œuvre de la science, la très grande majorité des commentaires sont à tendance constructiviste et sont très similaires aux idées avancées par les épistémologues contemporains. Pourtant, quand il est question de la nature, des finalités de la science ou des méthodes utilisées en science, plus de la moitié des unités de significations semblent aller de pair avec des croyances empiristes.

Cette contradiction ne provient définitivement pas de comparaisons effectuées entre les individus ou les groupes d'entretien puisque sur certains aspects, comme le contexte de la science, la presque totalité de toutes les unités de signification de tous les groupes d'entretien démontrent une même tendance. Ces résultats ne semblent pas non plus un artefact dû à la méthodologie. En effet, cette hétérogénéité des visions est aussi apparue chez cette même population suite à une analyse quantitative basée sur l'utilisation d'un test validé (Guilbert, 1992) : la tendance empiriste pure était un peu plus présente que la tendance constructiviste, mais pour près de la moitié des futurs

enseignants, une vision hybride empirico-constructiviste se manifestait selon les facettes traitées.

D'autres recherches montrent aussi une adhésion à des positions philosophiques différentes et à une certaine hétérogénéité chez un même individu selon les concepts abordés : 18% des futurs enseignants (Aguirre & al., 1989) ; 50% des enseignants du secondaire et 66% des enseignants du collégial (Elghordaf, 1985) ; la majorité des étudiants universitaires inscrits en sciences (Rowell & Cawthron, 1982) ou dans un cours d'introduction à la biologie (Edmondson, 1989).

Comment expliquer cette contradiction apparente des visions de la science ? On peut avancer au moins trois possibilités :

- 1) cette contradiction ou cette anomalie est perçue mais ne provoque pas de conflit cognitif ;
- 2) le conflit est perçu mais non résolu ;
- 3) le conflit est perçu et résolu.

Pour ce qui est de la première possibilité, il nous a semblé, suite aux entretiens, que le conflit était perçu par plusieurs d'entre eux et qu'il provoquait même un malaise ainsi qu'une certaine désillusion face à la science actuelle :

"Un vrai scientifique a un certain désintéressement, un amour de ce qu'il fait, un amour de la recherche et de la passion. C'est peut-être ça le vrai modèle du scientifique. Ça peut peut-être exister mais ce modèle subsiste de moins en moins (plus de chercheurs, même nombre de prix Nobel, pas beaucoup de chercheurs qui se distinguent). A l'heure actuelle c'est la désillusion chez les jeunes scientifiques qui ne comprennent plus très bien ce qui se passe" (C-10.1).

Quant à la deuxième possibilité, selon laquelle la contradiction est perçue mais non résolue, deux hypothèses peuvent être avancées :

- 1) un conflit de valeur ou une certaine réticence affective à changer leur idée de la science ;
- 2) un développement cognitif inadéquat par rapport au niveau de cognition épistémique.

Ainsi, la première hypothèse pouvant être suggérée est d'ordre affectif. Les futurs enseignants hésiteraient à remettre en question la "Science" perçue tout au long de leurs études comme objective, neutre, méthodique, prouvée ; est-ce que cela bousculerait trop leurs valeurs puisque la majorité d'entre eux ont un baccalauréat spécialisé en sciences pures et avaient décidé de se consacrer à une carrière en science ?

La diversité des aspects abordés, tant en ce qui touche la véracité des connaissances scientifiques que l'objectivité des connaissances, les scientifiques et la science, appuie aussi l'hypothèse d'une réticence affective à

modifier leur vision de la science et par conséquent leur rapport au savoir. Les futurs enseignants semblent avoir une certaine pudeur à qualifier le savoir scientifique de non conforme à la réalité et la science de non objective, d'où peut-être la très grande diversité de qualificatifs utilisés dans leurs commentaires.

Niedderer et Schecker (1991) ont aussi souligné l'importance de l'aspect affectif dans les changements conceptuels. En effet, il ne suffirait pas qu'on fasse prendre connaissance aux futurs enseignants de la vision qu'ont certains épistémologues contemporains du mode de production du savoir en science pour qu'automatiquement, ils rejettent leur vision idéalisée de la science.

Quant à la deuxième hypothèse, c'est-à-dire un développement cognitif inadéquat, la psychologie du développement ouvre peut-être une voie intéressante à explorer. Dans la foulée de Perry (1970), Kitchener (1986) a décrit un modèle comportant sept stades de cognition épistémique. Ces stades décrivent le changement graduel du rapport au savoir des sujets connaissant quant au mode de production du savoir, ses critères d'acceptation, ses limites et son adéquation à la réalité. Plus précisément, il y a un passage progressif d'une croyance en l'adéquation des connaissances scientifiques à la réalité et en son accessibilité par l'observation, vers une vision plus objectivée et plus constructiviste de la connaissance. Des études expérimentales suggèrent que le passage entre les divers stades du modèle de cognition épistémique est très lent (King & al., 1983 ; Schmidt, 1985 ; Kitchener, 1986). Un développement de la cognition épistémique inachevé pourrait donc expliquer en partie les difficultés qu'ont les futurs enseignants à modifier leur idée de science.

Explorons maintenant la troisième possibilité : est-ce que le conflit est résolu ? Compte tenu des opinions retrouvées à l'intérieur du groupe à l'étude, nous répondons : oui, il semble résolu pour plusieurs d'entre eux. En effet, malgré le fait que certains futurs enseignants apparaissent plus conscients des enjeux socio-politiques ayant influencé le travail des scientifiques, il est évident que plusieurs ont une méconnaissance du contexte historique ayant présidé à la construction du savoir scientifique ou pire, une méconnaissance certaine issue probablement de textes hagiographiques ou à tendance événementielle. Ces lacunes pourraient maintenir artificiellement une fausse dichotomie entre la "science d'hier et la science d'aujourd'hui". Cette vision naïve pourrait résulter d'un enseignement implicite reçu tout au long du cursus scolaire ou de leur expérience personnelle, puisque la majorité des futurs enseignants n'ont pas eu de cours en philosophie ou en histoire des sciences.

Dans cette recherche, les futurs enseignants semblent conscients d'une contradiction interne entre la science "idéalisée" par eux, suite aux enseignements formels et informels, et la science "actuelle" telle qu'ils la perçoivent d'après leur courte expérience en recherche ou leurs contacts avec des chercheurs. En effet, devant la "dure" réalité de ce qu'est la science du vingtième siècle, les futurs enseignants chercheraient à protéger leur image idéali-

sée de la science en se disant qu'autrefois la science était pure, objective, désintéressée et que, si la science d'aujourd'hui n'est plus ce qu'elle était, ce n'est pas par impossibilité mais bien par détérioration ; il suffirait de retrouver la pureté d'antan. Il y aurait donc un effort de rationalisation entre la science d'aujourd'hui et celle d'hier ; leur méconnaissance de l'histoire des sciences pourrait ainsi leur permettre de maintenir ces deux visions à première vue contradictoires (pour nous), en justifiant que leur vision est adéquate car la science a déjà fonctionné de cette façon. La méconnaissance du contexte socio-historique, ayant présidé à l'élaboration du savoir scientifique, permettrait donc de résoudre ce dilemme entre ce qu'ils perçoivent du contexte de production du savoir scientifique et l'image idéalisée qu'ils en ont. La formation déficiente en histoire des sciences des futurs enseignants leur permettrait-elle de maintenir cette hétérogénéité des visions et de résoudre ainsi le conflit cognitif devant théoriquement en résulter ?

Malgré le fait que les changements soient longs et ardu, il nous apparaît qu'un nœud d'informations important, pouvant aider la réorganisation conceptuelle de ces visions de la science, serait une meilleure connaissance de l'histoire des sciences. Avec une vision plus globale du mode de construction du savoir et de ses contingences, les futurs enseignants seraient confrontés à des anomalies qu'ils devraient tenter de résoudre en modifiant peu à peu leur vision de la science. Quelles seraient les stratégies pouvant être mises à l'essai ? Selon divers auteurs, certaines lignes directrices doivent être suivies :

- une diversité des points de vue ou la présentation de plusieurs histoires des sciences (Wandersee, 1992),
- un type d'histoire se situant davantage dans un courant d'histoire globale ou contextuelle (Gagné, 1991),
- la prise en compte des aspects sociaux des apprentissages en histoire des sciences (Solomon & al., 1992).

A ces lignes directrices, nous pourrions ajouter qu'il serait souhaitable de respecter les stades de développement de la cognition épistémique (Kurfiss, 1988, p. 67-69). En effet, il semble de plus en plus évident que les stratégies pédagogiques visant la restructuration conceptuelle de l'idée de science doivent se faire sur plusieurs fronts : par une mise en contact et par l'analyse sociologique des processus de construction du savoir scientifique à partir de sujets actuels et controversés ainsi que d'études de cas historiques, mais aussi par une démarche d'enquête personnelle axée sur une réflexion métacognitive individuelle et collective, ou sur l'implication active d'enseignants de science dans des projets de recherche réels avec des chercheurs expérimentés (Arora & Kean, 1992).

En tenant compte des difficultés inhérentes à ce changement radical quant au statut accordé au mode d'appréhension de la connaissance, on ne peut s'attendre à un changement rapide. Cependant, il nous apparaît de plus en plus évident, tout comme beaucoup d'autres (Jenkins, 1989 ; Fillon, 1991 ;

King, 1991 ; Solomon & al., 1992 ; Stengers, 1992 ; Matthews, 1992 ; Gagné, 1993), qu'une meilleure connaissance de l'histoire des sciences faciliterait ce changement de vision face à l'idée de science des futurs enseignants. En ce sens, cette recherche semble apporter une incitation de plus à poursuivre dans cette voie. Tout comme le souligne Stengers (1986), "... la responsabilité propre des enseignants scientifiques est alors de travailler à réduire ce qui, en la matière, est l'arme du pouvoir, l'idée qu'une « vérité scientifique » est quelque chose à quoi il faut se soumettre et non le résultat d'un problème sélectif, risqué et de portée limitée (sic)" (p. 50).

Une meilleure compréhension de la part des futurs enseignants des modes de construction du savoir scientifique et des contingences socio-historiques n'est pas qu'un débat théorique mais éminemment pratique. En effet, le développement d'une autonomie intellectuelle et d'une capacité de recul critique face aux experts passe par une démythification du "Savoir scientifique", et par conséquent par une vision plus contemporaine de l'épistémologie et de l'histoire des sciences. C'est un enjeu pédagogique, démocratique et éthique.

BIBLIOGRAPHIE

ABELL S.K. & SMITH D.C. (1992). What is science ? Preservice elementary teachers' conceptions of the nature of science. In S. Hills (Ed.), *The history and philosophy of science in science education. Proceedings of the second international Conference on the history and philosophy of science and science teaching*, Vol. 1. Kingston, Ontario, Queen's University, pp. 11-22.

AGUIRRE J., GARNEY B., LINDER C. & HAGGERTY S. (1989). Student teachers' conceptions of science and learning : A study in preservice science education. Communication présentée au *Colloque de la Société canadienne pour l'étude de l'éducation*, Québec, juin 1989.

AIKENHEAD G. S. (1973). The measurement of high school student's knowledge about science and scientists. *Science Education*, Vol. 57, pp. 539-549.

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

AKINDEHIN F. (1988). "Effect of an Instructional Package on Preservice Science Teachers". Understanding of the Nature of Science and Acquisition of Science-Related Attitudes. *Science Education* , Vol. 72, n° 1, pp. 73-82.

ARORA A. & KEAN E. (1992). Perceptions of doing science : science teachers' reflections. In S. Hills (Ed.), *The history and philosophy of science in science education. Proceedings of the second international Conference on the history and philosophy of science and science teaching*, Vol. 1. Kingston, Ontario, Queen's University, pp. 53-68.

BARDIN L. (1977). *L'analyse de contenu*. Paris, Presses Universitaires de France.

BILLEH V.Y. & HASAN O.E. (1975). Factors affecting teachers' gain in understanding the nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 12, n° 3, pp. 209-219.

BRICKHOUSE N.W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms : case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, Vol. 11, n° 4, pp. 401-415.

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

CAREY R. L. & STAUSS N. G. (1968). An analysis of the understanding of the nature of science by prospective secondary science teachers. *Science Education*, Vol. 52, pp. 358-363.

CAREY R. L. & STAUSS N. G. (1970). An analysis of experienced teachers' understanding of the nature of science. *School Science and Mathematics*, Vol. 70, pp. 366-376.

CHALMERS A. F. (1988). *Qu'est-ce que la science ?* Traduit de l'anglais par Michel Biezunski. Paris, La Découverte.

CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA (1984). Rapport 36. *A l'école des sciences-La jeunesse canadienne face à son avenir*. Ottawa, Ontario, Centre d'édition du gouvernement du Canada.

COSSMAN G.W. (1969). The effects of a course in science and culture for secondary school students. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 6, n° 3, pp. 274-283.

COTHAM J.C. & SMITH E.L. (1981). Development and validation of the conceptions of scientific theories test. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 18, n° 5, pp. 387-396.

DAGHER Z. & COSMAN G. (1992). Verbal explanations given by science teachers : their nature and implications. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, n° 4, pp. 361-374.

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

EDMONDSON K. M. (1989). College students' conceptions of the nature of scientific knowledge. In *The history and philosophy of science in science teaching. Proceedings of the First International Conference*. Tallahassee, Fla, Florida State University.

ELGHORDAF A. (1985). *La philosophie des sciences des enseignants*. Thèse de maîtrise non publiée. Québec, Université Laval.

EVANS J.D. & BAKER D. (1977). How secondary pupils see the sciences. *School and Science Review*, Vol. 58, n° 4, pp. 771-774.

FILLON P. (1991). Histoire des sciences et réflexion épistémologique des élèves. In *L'élève épistémologue*, ASTER n° 12. Paris, INRP.

GAGNÉ B. (1991). L'histoire des sciences dans l'enseignement des sciences : recourir à l'histoire, oui,... mais quelle histoire ? *Séminaire sur la Représentation*. n° 60. Montréal, Cirade, Université du Québec à Montréal.

GAGNÉ B. (1993). L'histoire des sciences dans la formation à l'enseignement des sciences. *Séminaire sur la Représentation*, n° 79. Montréal, Cirade, Université du Québec à Montréal.

GALLAGHER J.J. (1991). Perspective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, Vol. 75, n° 1, pp. 121-134.

GAUTHIER B. (1984). *Recherche sociale*. Québec, Presses de l'Université du Québec.

GUILBERT L. (1990). La pensée critique en science : présentation d'un modèle iconique en vue d'une définition opérationnelle. *Journal of Educational Thought*, Vol. 24, n° 3, pp. 195-218.

GUILBERT L. (1992). L'idée de science chez des enseignants en formation : une analyse quantitative et qualitative à partir d'un test. *La revue canadienne d'enseignement supérieur*, Vol. XXII, n° 3, pp. 76-107.

HAGGERTY S.M. (1992). Student teachers' perceptions of science and science teaching. In S. Hills (Ed.), *The history and philosophy of science in science education. Proceedings of the second international Conference on the history and philosophy of science and science teaching*, Vol. 1. Kingston, Ontario, Queen's University, pp. 483-494.

JENKINS E. (1989). Why the history of science ? In M. Shortland & A. Warwick (Eds.), *Teaching the History of Science*. Oxford, England, Basil Blackwell, pp. 19-29.

JUNGWIRTH E. (1971). The pupil, the teacher, and the teacher's image : Some second thoughts of BSCS biology in Israel. *Journal of Biology Education*, Vol. 5, pp. 165-171.

KIMBALL M. E. (1968). Understanding the nature of science : a comparison of scientists and science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 5, n° 2, pp. 110-119.

KING B.B. (1991). Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philosophy of science. *Science Education*, Vol. 75, n° 1, pp. 135-141.

KING P.M., KITCHENER K.S., DAVISON M.L., PARKER C.A. & WOOD P.K. (1983). The justification of beliefs in young adults : a longitudinal study. *Human development*, Vol. 26, pp. 106-116.

KITCHENER K.S. (1986). The reflective judgment model : characteristics, evidence and measurement. In R.A. Mines & K.S. Kitchener (Eds), *Adult cognitive development*. New York, Praeger, pp. 75-91.

KUHN T.S. (1972). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris, Flammarion.

KURFISS J. G. (1988). *Critical thinking : theory, research, practice, and possibilities*. ERIC Clearinghouse on Higher Education, George Washington University. College Station, Texas, Association for the Study of Higher Education, pp. 51-70.

L'ÉCUYER R. (1987). L'analyse de contenu : notions et étapes. In J.P. Deslauriers (Dir.), *Les méthodes de la recherche qualitative*. Québec, Presses de l'Université du Québec.

LAKATOS I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programs. In I. Lakatos and A. Musgrane (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, Cambridge University Press.

LAPERRIERE A. (1982). Pour une construction empirique de la théorie : La nouvelle école de Chicago. *Sociologie et sociétés*, Vol. XIV, n° 1, pp. 31-41.

LAUDAN L. (1977). *Progress and its problema : toward a theory of scientific growth*. Berkeley, University of California.

LEDERMAN N. & DRUGER M. (1985). Classroom factors related to changes in students conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 22, n° 7, pp. 649-662.

LEDERMAN N.G. & O'MALLEY M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science : Development, use, and sources of change. *Science Education*, Vol. 74, n° 2, pp. 225-239.

LEDERMAN N.G. (1986). Students and Teachers Understanding of the Nature of Science : A Reassessment. *School Science and Mathematics*, Vol. 86, n° 2, pp. 91-99.

LEDERMAN N.G. (1992). Students' and teachers' conception of the nature of science : a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, n° 4, pp. 331-360.

LEVY-LEBLOND J.-M. & JAUBERT A. (1975). *(Auto)critique de la science*. Paris, Seuil.

MACKAY L.D. (1971). Development of understanding about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 8, n° 1, pp. 57-66.

MATTHEWS M. (1992). History, philosophy, and science teaching : the present rapprochement. *Science & Education*, Vol. 1, n° 1, pp. 11-47.

MICHELAT G. (1975). Sur l'utilisation de l'entretien non-directif en sociologie. *Revue française de sociologie*, Vol. XVI, pp. 229-247.

MUCCHIELLI R. (1984). L'analyse de contenu - des documents et des informations. *Formation permanente en sciences humaines*. Séminaire de Roger Mucchielli (5^e édition).

NADEAU R. & DÉSAUTELS J. (1984). *Épistémologie et didactiques des sciences*. Ottawa, Conseil des sciences du Canada, coll. "Exposé à débattre".

NIEDDERER H. & SCHECKER H. (1991). Towards an Explicit Description of Cognitive Systems for Research in Physics Learning. *Bremen International Workshop Research in Physics Learning : Theoretical Issues and Empirical Studies*. Germany.

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

PERRY W.G. Jr. (1970). *Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years*. New York, Holt, Rinehart.

POPPER K. (1962). *The logic of scientific discovery*. London, Hutchinson & Co., Ltd.

ROBERTS D.A. (1983). *La culture scientifique - Vers un équilibre dans le choix d'objectifs pour l'enseignement des sciences à l'école*. Ottawa, Ontario, Conseil des sciences du Canada.

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

RUBBA P. & ANDERSEN H. (1978). Development of an instrument to assess secondary students' understanding of the nature of scientific knowledge. *Science Education*, Vol. 62, n° 4, pp. 449-458.

RUBBA P.A., HORNER J. & SMITH J.M. (1981). A study of two misconceptions about the nature of science among junior-high-school students. *School Science and Mathematics*, Vol. 81, n° 3, pp. 221-226.

SCHARMAN L., HARTY H. & HOLLAND (1986). Development and partial validation of an instrument to examine preservice elementary teachers' process orientation to science. *Science Education*, Vol. 70, n° 4, pp. 375-387.

SCHMIDT D.J. (1967). Test on understanding science : a comparison among school groups. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 4, pp. 365-366.

SCHMIDT J.A. (1985). Older and wiser ? A longitudinal study of the impact of college on intellectual development. *Journal of College Student Personnel*, Vol. 26, n° 5, pp. 388-394.

SHAPER D. (1977). Scientific theories and their domains. In F. Suppe (Ed.), *The structure of scientific theories* (2nd ed.). Urbana, Il., University of Illinois Press.

SOLOMON J., DUVEEN J., SCOT L. & MCCARTHY S. (1992). Teaching about the nature of science through history action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, n° 4, pp. 409-421.

STENGERS I. (1986). Démarche scientifique et éducation : où situer le problème éthique ? In G. Fourez (Coordonnateur), *Construire une éthique de l'enseignement scientifique ?* Namur, Presses Universitaires de Namur.

STENGERS I. (1992). Le rôle possible de l'histoire des sciences dans l'enseignement. *Séminaire sur la Représentation*, n° 65. Montréal, Cirade, Université du Québec à Montréal.

STRAUSS A. & CORBIN J. (1990). *Basics of Qualitative Research - Grounded Theory Procedures and Techniques*. Newbury Park, CA, SAGE.

SUPPE F. (Ed.) (1977). *The structure of scientific theories* (2nd ed.). Urbana, Il., University of Illinois Press.

TOULMIN S. (1972). *Human understanding*. Princeton, Princeton University Press.

WANDERSEE J. H. (1992). The historicity of cognition : implications for science education research. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, n° 4, pp. 423-434.

Remerciements

Les auteurs sont redevables au fonds F.C.A.R. du Québec (EQ-3748) pour une subvention triennale concernant la partie expérimentale de cette recherche. Leur reconnaissance va aussi aux futurs enseignants qui ont bien voulu participer par leur temps et leurs efforts à ce projet. Elles remercient également leurs collègues et les réviseurs pour leurs commentaires judicieux lors des premières versions de ce manuscrit.