

De la nature du savoir scientifique à l'enseignement des sciences : l'urgence d'une approche constructiviste dans la formation des enseignants de sciences

Donatille MUJAWAMARIYA

Université d'Ottawa, Ontario, Canada



Patrimoine canadien Canadian Heritage



Conseil de recherches en sciences humaines du Canada

Social Sciences and Humanities Research Council of Canada

VOLUME XXVIII:2 – AUTOMNE 2000

Revue scientifique virtuelle publiée par l'Association canadienne d'éducation de langue française dont la mission est d'offrir aux intervenants en éducation francophone une vision, du perfectionnement et des outils en construction identitaire.

Directrice de la publication

Chantal Lainey, ACELF

Présidente du comité de rédaction

Mariette Thérberge,
Université d'Ottawa

Comité de rédaction

Gérald Boudreau
Université Sainte-Anne
Simone Leblanc-Rainville
Université de Moncton
Lucie DeBlois,
Université Laval
Paul Ruest,
Collège universitaire de Saint-Boniface
Mariette Thérberge,
Université d'Ottawa

Directeur général de l'ACELF

Richard Lacombe

Conception graphique et montage

Claude Baillargeon

Responsable du site Internet

Anne-Marie Bergeron

Les textes signés n'engagent que la responsabilité de leurs auteures et auteurs, lesquels en assument également la révision linguistique. De plus, afin d'attester leur recevabilité, au regard des exigences du milieu universitaire, tous les textes sont arbitrés, c'est-à-dire soumis à des pairs, selon une procédure déjà convenue.

La revue *Éducation et francophonie* est publiée deux fois l'an grâce à l'appui financier du ministère du Patrimoine canadien et du Conseil de recherches en sciences humaines du Canada.



ASSOCIATION CANADIENNE
D'ÉDUCATION DE LANGUE FRANÇAISE

268, rue Marie-de-l'Incarnation
Québec (Québec) G1N 3G4
Téléphone : 418 681-4661
Télécopieur : 418 681-3389
Courriel : info@acelf.ca

Dépôt légal
Bibliothèque et Archives nationales
du Québec
Bibliothèque et Archives du Canada
ISSN 1916-8659 (En ligne)
ISSN 0849-1089 (Imprimé)

Réforme curriculaire et statut des disciplines : quels impacts sur la formation professionnelle à l'enseignement?

Rédacteurs invités :

Raymond LEBLANC

Liminaire

- 1** **Éléments de problématique : quels rapports curriculaire établir dans le cadre de la formation professionnelle à l'enseignement entre les savoirs disciplinaires et les savoirs professionnels?**

Yves LENOIR, GRIFE-CRIFPE, Université de Sherbrooke, Québec, Canada

- 18** **La formation professionnelle à l'enseignement entre deux vecteurs intégrateurs en conflit : les disciplines et le curriculum**

Maurice SACHOT, Centre interuniversitaire de recherches interdisciplinaires en didactique, Université Marc Bloch, France

- 49** **Savoir et savoir enseigner : examen du rapport entre les savoirs en sciences humaines et sociales et la pratique enseignante**

Bernard REY, Université Libre de Bruxelles, Belgique

- 60** **Le secondaire et le technique en France - L'histoire d'un rapport modifié**

François BALUTEAU, ISPEF-Université Lumière Lyon 2, France

- 74** **Le rôle de la formation à l'enseignement dans la construction des disciplines scolaires**

Philippe PERRENOUD, Université de Genève, Suisse

- 100** **Penser les disciplines de formation à l'enseignement primaire, c'est d'abord penser les disciplines scolaires**

Abdelkrim HASNI, Université du Québec à Chicoutimi, Québec, Canada

- 121** **Des façons de voir les programmes d'études de mathématiques et les programmes de formation des maîtres en mathématiques : à la recherche d'un discours**

Anna CHRONAKI, School of Education, The Open University, Royaume-Uni

- 148** **De la nature du savoir scientifique à l'enseignement des sciences : l'urgence d'une approche constructiviste dans la formation des enseignants de sciences**

Donatille MUJAWAMARIYA, Université d'Ottawa, Ontario, Canada

- 164** **Des représentations-obstacles à prendre en compte dans la formation aux métiers de l'enseignement**

Daniel FAVRE, Université Montpellier, France

Christian Reynaud, Université Montpellier, France

- 188** **Curriculum et Coca-Cola : un nouvel emballage change-t-il la saveur? Les concepts de matière, de discipline, de savoir et de connaissance dans le contexte de la réforme du curriculum au Québec**

François LAROSE, GRIFE/CREFFE interuniversitaire, Université de Sherbrooke, Québec, Canada

Vincent GRENON, GRIFE/CREFFE interuniversitaire, Université de Sherbrooke, Québec, Canada

Sébastien RATTÉ, GRIFE/CREFFE interuniversitaire, Université de Sherbrooke, Québec, Canada

Mary PEARSON, GRIFE/CREFFE interuniversitaire, Université de Sherbrooke, Québec, Canada

- 216** **Savoirs de formation et savoir d'expérience : un processus de transformation**

Annie MALO, Université Laval à Québec, Québec, Canada

De la nature du savoir scientifique à l'enseignement des sciences : l'urgence d'une approche constructiviste dans la formation des enseignants de sciences

Donatille MUJAWAMARIYA

Université d'Ottawa, Ontario, Canada

RÉSUMÉ

Depuis un demi-siècle bientôt, trois mots-clés, le *quoi*, le *pourquoi* et le *comment*, occupent le terrain de la problématique de l'enseignement des sciences et constituent les principales cibles de ses maux. En effet, depuis les années 1950, des réformes se sont succédé au fil des ans, les unes et les autres mettant plus l'accent soit sur les objectifs à assigner à l'enseignement des sciences, soit sur les raisons pour lesquelles l'élève apprend les sciences ou encore sur les diverses manières d'enseigner les sciences. Mais l'enseignement des sciences semble être toujours dans l'impasse. Après une analyse de l'enseignement des sciences d'ici et d'ailleurs, hier et aujourd'hui, cet article propose un quatrième mot-clé, le *par qui*, visant à repenser la formation des enseignants des sciences pour inscrire cette dernière dans une perspective constructiviste selon laquelle l'apprenant construit son savoir.

ABSTRACT

From Knowledge To Teaching : The Urgent Need for a Constructivist Approach in Science Teacher Training

Donatille MUJAWAMARIYA
University of Ottawa, Ontario, Canada

For almost half a century now, three key words – what, why and how – have dominated science teaching. All answers to difficulties are formulated in terms of those three words. We see this phenomenon reflected in the reforms that have been undertaken since the 1950s. Some of these reforms have put the emphasis on objectives in science teaching, while others have focused on why children should study science, and others yet on the different ways of teaching the subject. But we seem forever stuck at a kind of impasse. This article analyzes science teaching in Quebec and elsewhere, and proposes a new key term – by whom. The goal here is to help us conceive of science teacher training from a constructivist perspective, that is, one by which learners build their knowledge.

RESUMEN

De la naturaleza del conocimiento científico a la enseñanza de las ciencias : la urgencia de un enfoque constructivista en la formación de los maestros de ciencias

Donatille MUJAWAMARIYA
Universidad de Ottawa, Ontario, Canadá

Desde hace casi medio siglo, tres palabras clave : qué, por qué y cómo, ocupan un espacio de la problemática de la enseñanza de las ciencias y constituyen la mira de todos los problemas. En efecto, a partir de los años 1950 ha habido varias reformas y se ha enfatizado ya sea los objetivos de la enseñanza de las ciencias, ya sea las razones por las cuales los alumnos aprenden las ciencias o, más aun, las diversas maneras de enseñar las ciencias. Pero la enseñanza de las ciencias aun se encuentra en un callejón sin salida. Después de analizar la enseñanza de la ciencia aquí y en otras partes, ayer y hoy, este artículo propone una cuarta palabra clave, quién, cuyo objetivo es reformular la formación de los maestros de ciencias para inscribirla en una perspectiva constructivista según la cual el educando construye su saber.

Introduction

Qu'est-ce que la science? Comment et par qui est-elle produite? Quel rapport existe-t-il entre la science et la société, la technologie et la culture? Comment la science a-t-elle été enseignée dans le passé, comment l'est-elle aujourd'hui et comment devrait-elle l'être, et pourquoi? Quelle est la place de l'histoire des sciences dans l'enseignement des sciences? Pourquoi enseigner l'histoire des sciences? Autant de questions que les futurs enseignants de sciences pourraient être appelés à débattre en vue de se préparer et/ou de se perfectionner pour leur pratique enseignante.

Poser le problème de la nature du savoir scientifique par rapport à l'enseignement des sciences revient à nous interroger sur quoi enseigner et comment l'enseigner. Certes, les étudiants qui se préparent à aller enseigner les sciences, particulièrement au secondaire, ont déjà un bagage de connaissance scientifique assez élaboré. C'est tout au moins le cas en Ontario, où il s'agit d'un programme consécutif: les candidats à la formation à l'enseignement ont déjà obtenu un baccalauréat dans une discipline scientifique donnée et suivent, pour une année, des cours de pédagogie dans une faculté des sciences de l'éducation. Mais que savent-ils (ou devraient-ils savoir) de ce qu'ils doivent enseigner?

Loving (1997, p. 447) insiste sur l'importance pour les programmes de formation à l'enseignement de préparer les futurs enseignants à reconnaître, à approfondir et à valoriser les diverses représentations et explications du savoir scientifique que les élèves entretiennent et qu'ils amènent avec eux en classe de sciences. La prise en compte de ces éléments remet ainsi en question la vision empiriste et réaliste, qui semble cependant avoir beaucoup de tenants parmi les enseignants de sciences (Désautels et Laroche, 1989; Mathy, 1997).

Cela fait presque deux décennies qu'ont été reconnues huit catégories d'objectifs à l'enseignement des sciences au Canada (Conseil des sciences du Canada, 1984) et ailleurs dans le monde (APEID, 1983; Giordan, 1989) :

- 1) le contenu scientifique;
- 2) la démarche scientifique;
- 3) les implications sociales de l'activité scientifique et technologique;
- 4) la nature de la science;
- 5) la croissance personnelle;
- 6) les attitudes liées à la science;
- 7) les sciences appliquées / technologies appliquées;
- 8) et l'orientation professionnelle.

Seulement deux de ces huit catégories seraient consacrées à la matière proprement dite. Ainsi, la nature du savoir scientifique constitue en elle-même une catégorie. Mais quelle serait l'importance, pour l'élève, que l'enseignant aborde la nature du savoir scientifique, son objet, son évolution comme forme de pensée, ainsi que les motifs, les contraintes et les obstacles des chercheurs? Pour faire face aux exigences, tant scientifiques que technologiques de la société du 21^e siècle, il semble plus qu'opportun que la compréhension de ce qu'est la science, de ses applications et de

ses implications sur la société et sur les attitudes des gens occupe la même place sinon une plus grande place dans l'enseignement des sciences que la science elle-même en tant que contenu et démarche.

Cependant, comme l'ont souligné par ailleurs de nombreux auteurs, dont Moumouni (1967), Nadeau et Désautels (1984), Trempe (1990), Mathy (1997), Loving (1997), la qualité des enseignants et en particulier des enseignants de sciences pose problème. Bon nombre de ces enseignants transmettent à l'élève l'image d'un savoir objectif, figé, linéaire, universel, exempt de croyances philosophiques, idéologiques et sans histoire. Par contre, beaucoup de chercheurs et de praticiens de l'enseignement des sciences s'accordent à dire que l'objectif fondamental de l'enseignement des sciences consiste à transmettre aux élèves une conception critique de l'activité scientifique, en leur donnant des clés essentielles leur permettant de répondre à des questions scientifiques et techniques de la vie quotidienne et en développant chez eux des méthodes de pensée qui s'apparentent à celles des scientifiques mises en œuvre dans leur travail. Dès lors, on ne peut imaginer un enseignement des sciences qui n'intègre pas la nature du savoir scientifique, l'histoire des sciences, les relations STS (Sciences-Technologie-Société) et les représentations ou conceptions spontanées d'élèves.

Toutefois, des auteurs (Bogatski, 1975; Trempe, 1983, 1990; Nadeau et Désautels, 1984; Lesourne, 1988; Orpwood, 1990; Atwater et Riley, 1993; Stinner, 1995; Mujawamariya, 1999a) relèvent que la pénurie du personnel ayant reçu la formation nécessaire reste la plus difficile à pallier. Et, comme l'a déjà souligné Moumouni (1967), quelle que soit l'excellence de la conception, de l'orientation et de l'organisation du système de l'éducation, quels que soient les soins apportés à l'élaboration des programmes, des manuels, etc., la traduction concrète et vivante en revient aux maîtres des divers ordres de l'enseignement. D'où l'impérative nécessité d'articuler la formation des enseignants des sciences autour de la réflexion épistémologique pour qu'à leur tour ils puissent la transcender dans leur activité pédagogique et éducative.

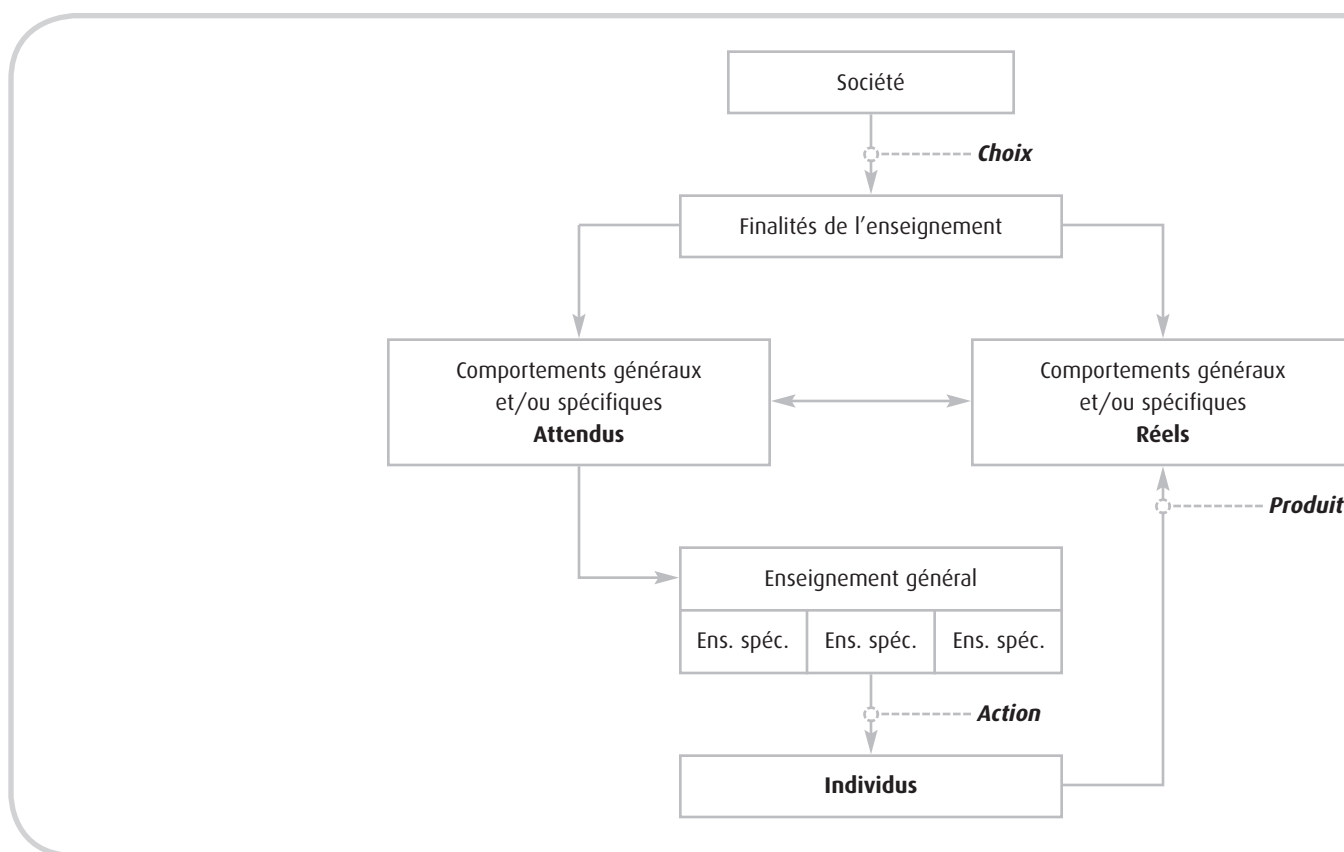
Cet article est divisé en trois sections. Dans la première, nous brossons un portrait succinct de l'état de l'enseignement des sciences à travers les continents. La deuxième section traite de la pratique des enseignants presque exclusivement ancrée dans une perspective empiriste réaliste. Et la dernière section en appelle de l'urgence d'une réflexion épistémologique dans la formation des enseignants de sciences tout en proposant quelques pistes de réalisation de ladite formation.

De l'enseignement des sciences

Considéré dans son acception la plus large, le terme enseignement peut être défini comme un processus au cours duquel des ressources humaines et matérielles sont associées de façon optimale par l'enseignant en vue d'une appropriation des connaissances par les élèves, et ce, dans des contextes socioculturels, politico-économiques en interaction. Ce processus d'enseignement en appelle un autre, qui

est l'apprentissage. D'où la quasi-impossibilité de parler d'enseignement sans faire allusion à l'apprentissage. Faut-il le dire, le cachet sociétal imprimé à ce processus d'enseignement/apprentissage dans notre définition est très remarquable. C'est pourquoi il est important de situer ce processus dans le système global d'éducation dont une société décide de se doter. C'est ce que nous avons représenté dans la figure 1 qui schématise les rapports entre les attentes et les réalisations dans les finalités de l'enseignement en général et dont on peut déduire un cas particulier de l'enseignement des sciences¹. Cette figure met en relation trois principales composantes, à savoir : la société, le système éducatif et la population cible (pour laquelle le système éducatif a été conçu). L'idée centrale du modèle consiste à mettre en parallèle les comportements attendus d'un système éducatif que prône une société quelconque et les comportements effectivement produits par ce système.

Figure 1. **Modèle des relations entre attentes et réalisations dans les finalités de l'enseignement**



1. Nous parlons indistinctement de sciences pour désigner la physique, la biologie, la chimie ainsi que les domaines connexes. Cette considération multidisciplinaire n'est pas accidentelle mais plutôt délibérée. Elle tient au fait que ces sciences présentent beaucoup de similitudes. Ainsi, à quelques différences près, leur enseignement se heurte presque aux mêmes difficultés.

Dans ce modèle, les comportements attendus correspondent à un idéal de comportements fixés en tant qu'objectifs et attendus en tant que produits de l'enseignement, tandis que les comportements réels désignent ceux produits et exprimés chez l'individu à la fin du processus d'enseignement. De ce fait, l'enseignement des sciences apparaît comme un choix dans le cadre d'un projet de société. Mais ce choix est fait selon les objectifs qu'on aimerait atteindre. Il ressort de ce modèle que les résultats obtenus sont fonction des moyens utilisés (actions posées). Ces résultats pourront soit correspondre aux attentes de la société, soit s'en écarter d'une façon substantielle. À ce propos, beaucoup d'auteurs (Krasilchik, 1983; Grandsaigne, 1986; Layton, 1988; Viovy, 1989) s'accordent à dire, d'ailleurs, que très rares sont les enseignements qui tendent à développer des activités conformes aux objectifs admis. Ce qui, en fin de compte, revient à dire que, dans la plupart des cas, les résultats d'un processus d'enseignement ne sont pas ceux escomptés.

État de l'enseignement des sciences à travers le monde

En 1992, nous mettions en relief l'état de santé de l'enseignement des sciences à travers le monde. Une revue de littérature effectuée à ce sujet nous a permis de colliger des données relatives aux situations problématiques dont souffrait l'enseignement des sciences à ce moment (Mujawamariya, 1992). Les problèmes soulevés tels qu'identifiés à l'époque et qui illustraient cette réalité touchaient globalement les principales composantes² de l'enseignement, notamment : les ressources matérielles, les ressources humaines, les programmes, les manuels, les politiques éducatives ainsi que les contextes. Il en est toujours ainsi de nos jours. Bien que ce cliché représente un état synthétique de quelques études effectuées, ici et là, à travers le monde par différents auteurs, il est loin de refléter une situation générale des problèmes qu'on retrouverait indifféremment d'un pays à l'autre, à l'intérieur du même continent. Néanmoins, nous ne pouvons nous empêcher de dénoncer ouvertement l'état problématique de l'enseignement des sciences à travers les continents.

Nos analyses (Mujawamariya, 1992) ont fait ressortir deux tendances : l'Amérique (Canada et États-Unis) et l'Europe se rangeaient d'un côté, l'Asie, l'Océanie et l'Afrique de l'autre, constituant ainsi deux grandes zones distinctes. Alors que le

-
2. Sans nous perdre dans les définitions conceptuelles de ces différentes composantes, il nous convient d'en donner des définitions opérationnelles en dégageant leurs éléments constitutifs. Ainsi :

ressources matérielles

désigne les installations (locaux et équipement) et le matériel scientifique (produits et matériel didactique);

ressources humaines

caractérise les enseignants, les élèves et les spécialistes;

programme

est ici considéré comme synonyme de curriculum et renseigne sur les objectifs de l'enseignement à dispenser, le contenu et les méthodes;

manuels

fait référence aux documents de base dont l'enseignant et les élèves doivent disposer;

contexte

renvoie au milieu géopolitique, économique et socioculturel dans lequel l'enseignement planifié sera dispensé;

politiques d'éducation

se rapporte aux projets de société en fonction desquels les administrateurs définissent ou fixent les finalités et les objectifs d'un enseignement adéquat pour la société en question.

problème principal de l'enseignement des sciences en Amérique et en Europe était lié aux facteurs humains, en Asie, en Océanie et en Afrique, l'enseignement des sciences se heurtait à la fois aux problèmes liés aux facteurs humains et aux facteurs matériels, à tous les facteurs indispensables pour mettre le système d'enseignement en marche, dirions-nous.

Parmi les six catégories de problèmes inventoriés (ressources matérielles, ressources humaines, programmes, manuels, politiques éducatives, contextes), nous avons pu relever que le système d'enseignement américain et européen était relativement peu exposé aux problèmes d'ordre matériel. Ce qui laisse supposer qu'il s'agit là d'une conséquence directe de la disponibilité d'une politique enracinée de financement de l'enseignement. Cependant, il ne nous a pas été possible d'évaluer avec quelle ampleur les problèmes qui touchent aux ressources humaines, aux politiques éducatives, aux contextes, observables dans les deux camps à des degrés certes divers, affectent la qualification des enseignants, l'atteinte des objectifs fixés, la pertinence des objectifs poursuivis ainsi que la prise en compte du contexte spécifique : les deux zones font état d'une qualification insuffisante des enseignants, d'une non-atteinte des objectifs fixés, d'une non-pertinence des objectifs poursuivis ainsi que d'une non-considération du contexte dans lequel l'enseignement s'inscrit. Selon l'éloquente expression de Grinevald (1978, p. 244), « les sciences sont dans une impasse », partant des crises et des révolutions dont elles sont l'objet (Page, 1979; Désautels, 1980; Aikenhead, 1981; Munby, 1982; Risi, 1982; Connolly, 1987; Layton, 1988; National Assessment of Educational Progress, 1988; Fourez, 1989; Bybee, 1993; Conseil des sciences du Canada, 1984).

De nos jours, face à la formation d'une minorité intéressée aux sciences et au délaissement d'une majorité oubliée, l'importance d'une formation scientifique pour tous, basée sur des raisons économiques, sociales et humanistes, se fait de plus en plus sentir (Layton, 1988; Fourez, 1989; Orpwood, 1990; Stinner, 1995). Ainsi le nouveau mot d'ordre, la science pour tous, aura-t-il suscité un changement majeur dans la redéfinition (en cours ou déjà terminée) des objectifs de l'enseignement des sciences.

Nouvelles finalités de l'enseignement des sciences

La prise en compte de ce nouveau mot d'ordre « science pour tous » a fortement contribué à une reformulation de l'enseignement des sciences dans le monde entier (Layton, 1988). Trois pôles se sont dégagés :

- 1) le pôle d'Amérique du Nord où les nouveaux objectifs ont été déjà précisés³ (Conseil des sciences du Canada, 1984, vol. II, p. 53);

3. Il s'agit entre autres des objectifs spécifiques tels que la connaissance des faits, des concepts et des lois du domaine scientifique; l'acquisition d'habiletés et de méthodes de recherche; les connaissances du rôle et l'importance des sciences dans la société d'aujourd'hui; la compréhension de la façon dont se construit le savoir scientifique; l'acquisition d'habiletés sociales; l'importance des sciences pour la satisfaction des besoins et aspirations tant des femmes que des hommes; l'acquisition des dispositions convenant à l'activité scientifique; les connaissances des applications pratiques des sciences; la prise de conscience des rapports entre formation scientifique et possibilités de carrière ultérieure.

- 2) le pôle des pays d'Europe où la redéfinition des objectifs est en train de se faire, axée sur les raisons⁴ principales pour lesquelles il faut enseigner les sciences;
- 3) le pôle des pays en développement de l'Asie, de l'Océanie et de l'Afrique, pour lesquels les raisons principales telles que définies par Giordan (1989) se traduisent dans un ensemble de critères fondamentaux⁵ (APEID, 1983) qui devraient servir de guidage pour définir en fin de compte les objectifs à assigner à un enseignement des sciences adéquat.

L'heure est ainsi venue où l'on ne parle plus en termes d'universalité de la science, mais plutôt en termes de pluralisme scientifique (Grinevald, 1978; Atwater et Riley, 1993; Harding, 1998; Mujawamariya, 1999b); celui-ci revêt immanquablement un cachet culturel. Il est aisé de constater que les huit principales raisons qui justifient le bien-fondé de l'enseignement des sciences en Europe, comparées aux huit critères fondamentaux tels que définis par l'APEID, nous permettent de concilier la science occidentale et la science d'ailleurs. Une mise en relation des objectifs de l'enseignement des sciences tels que repris par le Conseil canadien des sciences, d'une part, avec les critères fondamentaux pour l'enseignement des sciences dans les pays en développement, d'autre part, et les raisons principales de l'enseignement des sciences en Europe enfin, nous a amenés à relever l'observation suivante : les significations implicites (sens émergents) des raisons principales de l'enseignement des sciences en Europe, d'une part, et celles des critères fondamentaux pour l'enseignement des sciences dans les pays en développement, d'autre part, correspondent dans une large mesure aux catégories d'objectifs assignés à l'enseignement des sciences en Amérique du Nord.

À travers ces nouvelles orientations, d'un continent à l'autre, il apparaît clair que l'objectif fondamental de l'enseignement des sciences consiste à transmettre aux élèves une conception critique de l'activité scientifique (Astolfi et Develay, 1989, 1997; Désautels et Laroche, 1989; Jegede, 1989; Bybee, 1993; Astolfi *et al.*, 1997; Fourez *et al.*, 1997; Mathy, 1997). Mais qu'en est-il de ceux et celles qui doivent mettre en œuvre un tel type d'enseignement?

-
4. Giordan (1989) a regroupé ces raisons dans huit centres d'intérêt : intérêts professionnels ou économiques; intérêts sociopolitiques; intérêts pratiques; intérêts opératoires; intérêts métacognitifs; intérêts éthiques; intérêts épistémologiques; intérêts ludiques.
 5. L'APEID (1983) a défini sept critères fondamentaux :
 1. Faire en sorte que le contenu soit perçu par les apprenants comme immédiatement utile dans le monde réel (ou comme ayant une valeur sociale découlant de son intérêt économique [intérêts] épistémologiques).
 2. Améliorer les conditions de vie des apprenants, accroître leur productivité, contribuer au bien-être de la collectivité (intérêts sociopolitiques).
 3. Se fonder sur les expériences quotidiennes des apprenants, être relié aux ressources de leur univers réel et avoir les applications évidentes pour leur travail (intérêts pratiques).
 4. Intégrer les phénomènes naturels susceptibles d'émerveiller et de passionner les apprenants (intérêts ludiques).
 5. Permettre aux apprenants d'acquérir et de maîtriser des savoir-faire utiles et exploitables et de s'en servir intelligemment.
 6. Prendre en considération les traditions culturelles et sociales et les compléter sans entrer en conflit avec elles (intérêts opératoires).
 7. Amener l'apprenant à reconnaître et à apprécier l'importance de la science et de la technologie dans le développement national (intérêts métacognitifs).
 8. Permettre aux apprenants d'utiliser avec sagesse les ressources de leur environnement et de vivre en harmonie avec la nature et la société (intérêts éthiques).

De la pratique des enseignants de sciences

Si aujourd'hui l'enseignement des sciences est dans une phase de relance basée sur la redéfinition des objectifs, les efforts à déployer restent énormes. Cela est d'autant plus vraisemblable dans la mesure où le rôle de l'enseignant ne consiste plus à répandre « la vérité », mais plutôt à aider et à guider l'élève dans l'organisation conceptuelle de certains domaines d'expérience (Glaserfeld, 1983; Giordan *et al.*, 1983; Désautels et Larochelle, 1989; Wautelet, 1989; Astolfi *et al.*, 1997; Fourez *et al.*, 1997). Or, qu'ils le veuillent ou non, qu'ils s'en rendent compte ou non, les enseignants de sciences servent non seulement à transmettre tout un bagage théorique, mais également à légitimer et à valoriser l'activité scientifique elle-même. Force est de reconnaître que l'image que projettent les enseignants est la première image concrète que l'élève se fait de l'activité scientifique, pour autant que l'enseignant constitue un modèle, une référence pour ses élèves (Haury et Rillero, 1994).

État de la question

Plusieurs travaux réalisés sur la perception des enseignants vis-à-vis de l'activité scientifique (Rowell et Cawthron, 1982; Désautels et Larochelle, 1989; Mathy, 1997) ont prouvé que ces derniers entretiennent une représentation absolutisée de cette pratique : ils enseignent la science en quelque sorte comme la véritable religion à laquelle il faut se convertir. Dix ans viennent de s'écouler après la refonte des objectifs d'enseignement/apprentissage. Cependant, le constat fait par De Vecchi et Giordan (1994) est clair : la « scientification » de la société ne s'accompagne pas de celle des individus. Pour ces mêmes auteurs, la raison principale de cette situation réside dans la non-intégration systémique de l'élève. Ce « présent-absent » du système éducatif, tel qu'ils l'appellent, il est là, mais on tient rarement compte de lui, de ce qu'il sait ou croit savoir.

Aujourd'hui, en vue d'une action concertée entre la recherche (la théorie) sur l'enseignement des sciences et la pratique de cet enseignement, les théoriciens préconisent une action éducative qui s'inscrit dans une perspective actionnelle (Glaserfeld, 1983; Giordan *et al.*, 1983; Cobb et Steffe, 1983; Gilbert et Watts, 1983; Mukam, 1986; Désautels et Larochelle, 1989; Mathy, 1997; Astolfi *et al.*, 1997; Mujawamariya, 1999a), selon laquelle l'élève construit son savoir. Désormais, enseigner un concept de biologie, de physique ou de chimie ne peut plus se limiter à un apport d'informations et de structures intellectuelles correspondant à l'état de la science du moment, même si celles-ci sont éminemment nécessaires. En effet, ces données ne seront intégrées efficacement par l'apprenant que si elles parviennent à transformer durablement ses conceptions.

Une telle pratique d'enseignement/apprentissage interagissant entre l'élève et l'enseignant devrait être fondamentalement orientée par les quatre paramètres suivants : la parole, la prise de pouvoir, la participation active et la mémoire. Chaque paramètre fait partie d'un duo que Solar (1995) appelle axes paradigmatiques des pédagogies de l'équité. Ces paramètres sont issus des pédagogies féministes, antiracistes et de la libération, elles sont caractérisées par la transgression (Hooks,

1994). Mais cela n'est possible que si, au lieu d'administrer un test ou un examen à la fin d'une unité ou d'une période, l'enseignant intègre les activités d'évaluation aux activités d'apprentissage. Ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. C'est pourquoi on ne peut repenser l'enseignement des sciences sans repenser l'évaluation des apprentissages en sciences.

De l'évaluation des apprentissages en sciences

Parlant de la problématique de l'évaluation sommative dans l'enseignement des sciences, Gueye (1996, p. 59) dit que :

[...] dans l'ensemble, la pathologie de l'évaluation en sciences dépasse la subjectivité longtemps dénoncée des jugements portés par les examinateurs pour se retrouver dans son manque chronique de validité par rapport aux contenus et aux objectifs déclarés.

Selon lui, un dépouillement systématique des objectifs induits en partant des questions habituellement posées dans les épreuves de sciences révèle que, contrairement au désir affirmé et écrit de faire évoluer l'enseignement scientifique en direction de la démarche expérimentale et des attitudes scientifiques, ce sont les questions qui font appel à la restitution de connaissances qui l'emportent malgré les apparences trompeuses des différents libellés dont usent les concepteurs dans leur questionnement, tels que analyser, interpréter, déduire. Ainsi, il ressort qu'il s'agit seulement d'automatismes bâtis uniquement pour le contrôle des connaissances dans le cadre d'un système clos et sans autre pertinence que la réussite à l'examen (Johsua, 1983).

Quant aux objectifs affectifs, l'auteur (Gueye, 1996) soutient qu'ils ne sont pas du tout évalués. Et, d'ailleurs, comment le seraient-ils dans le cadre d'une épreuve papier-crayon? Cette situation s'explique, selon lui, par le fait que tous les exercices proposés le sont dans le cadre d'un programme; ce qui empêche de mettre l'élève en face d'un véritable problème, c'est-à-dire une situation tant soit peu nouvelle face à laquelle la réponse à donner doit être absolument construite et pas du tout automatique. En dépit des nombreux progrès de la docimologie, la situation de l'évaluation sommative demeure un champ rempli d'incohérences et d'imperfections dont les conséquences sont énormes sur l'ensemble du curriculum.

De fait, que ce soit au primaire, au secondaire ou à l'université, la plupart des enseignants enseignent de manière dogmatique et livresque pour pouvoir terminer les programmes à temps. Pire encore, ils suppriment les travaux pratiques et se soucient très peu de l'application des sciences. (Gueye, 1996). Pour renchérir, De Vecchi et Giordan (1994) ajoutent que, telle qu'elle est faite aujourd'hui, l'évaluation sommative en enseignement des sciences a pour but de constater (sans plus) si l'apprentissage (superficiel) a été effectif. Comme principal outil, cette évaluation utilise les examens et les tests qui, comme le spécifie Thouin (1997), se présentent sous forme d'une série de questions – pour faciliter la correction. Il s'agit habituellement de questions à choix multiples et de questions à réponse courte pour lesquelles l'administration, la correction et l'interprétation des résultats se font de façon plus standardisée et formelle dans le cas d'un test que dans celui d'un examen.

Certes, la réussite d'un examen ou d'un test permet de percevoir que les élèves ont acquis des connaissances et ont été, pour la plupart, capables de les appliquer dans le cadre de problèmes de logique. Mais qu'en reste-t-il exactement de ces connaissances une fois qu'on sort de l'univers scolaire et, à court terme, du contexte de l'épreuve d'examen? L'élève a-t-il développé un sens d'observation, une plus grande confiance en soi, une plus grande minutie dans le travail, une plus grande dextérité dans la manipulation, une souplesse de jugement (discernement), un esprit plus critique, une capacité de s'adapter? On n'en sait rien. Mais toujours est-il que cette situation ne semble pas des plus enviables dans une société marquée par la science et la technologie. L'une des portes de sortie consiste alors à repenser la formation des enseignants de sciences.

Former les enseignants de sciences : l'urgence d'une approche constructiviste

Nous n'avons pas l'intention de rouvrir le débat sur le constructivisme et ses rapports avec la psychologie, l'épistémologie et la didactique (voir par exemple Piaget, 1970, 1973; Désautels, 1984; Bachelard, 1986; Astolfi et Develay, 1989, 1997; Astolfi *et al.*, 1997; Thouin, 1997). Nous tenons à souligner tout simplement que nous souscrivons à l'idée qu'à une approche constructiviste dans l'enseignement des sciences il est associé à la fois une dimension psychologique, une dimension épistémologique et une dimension pédagogique. Alors que la dimension épistémologique sert à rendre compte de la logique des savoirs, la dimension psychologique rend compte de l'appropriation de ces savoirs, tandis que la dimension pédagogique s'ancre davantage dans les sciences de la relation élèves-enseignants. L'abondante littérature sur l'état de l'enseignement des sciences et sur la pratique quotidienne des enseignants dénonce ouvertement une lacune majeure au niveau de la formation de ces derniers : l'absence d'une réflexion épistémologique.

Or, s'il est vrai que la pratique des sciences est indissociable de la pratique de l'enseignement des sciences, une réflexion épistémologique sur la science enseignée peut constituer un outil efficace pour, d'une part, améliorer la qualité de la relation pédagogique entre l'enseignant et l'élève et, d'autre part, transformer graduellement la qualité des esprits que les enseignants introduiront dans l'univers dorénavant démystifié de la science (Nadeau et Désautels, 1984). C'est pourquoi la formation des enseignants de sciences doit leur permettre de prendre conscience de la nature du savoir scientifique et de la conception qu'eux-mêmes entretiennent face à ce savoir, des conditions et des raisons de sa production, de ses applications et impacts sur les individus et la société pour qu'à leur tour ils puissent faire de même avec leurs élèves, à travers leur pratique enseignante et encore davantage à travers leur pratique évaluative. Nous avons retenu, en guise d'illustration, l'aspect de l'évaluation des apprentissages en sciences dans la formation des enseignants de sciences.

Apprendre à évaluer des apprentissages en sciences

L'évaluation des apprentissages occupe une part importante des tâches de l'enseignant au quotidien, et le plus souvent cette évaluation est sous forme d'examens et de tests. Or, comme d'autres l'ont déjà souligné (Gueye, 1996; Thouin, 1997), les examens et les tests comportent souvent trop de questions de mémorisation et pas assez de questions qui font appel aux diverses stratégies de la démarche expérimentale. Ils présentent aussi souvent le défaut majeur de ne mesurer que ce qui est facile à mesurer, et non ce qui est le plus pertinent. Par contre, l'évaluation d'un point de vue constructiviste cherche, d'une part, à amener l'élève à se pencher sur lui-même, non pas seulement pour prendre acte de sa réussite ou de son échec, mais surtout pour réfléchir sur la manière dont il a abordé et réalisé son travail (métacognition) et, d'autre part, à amener l'enseignant à s'évaluer lui-même en mesurant l'impact de son action (Thouin, 1997)! Ainsi, les examens et les tests ne devraient pas être les types d'instruments à privilégier quand on aborde la mesure et l'évaluation dans une perspective constructiviste.

Il existe une bonne variété d'instruments de mesure et de stratégies d'évaluation des apprentissages dans une perspective constructiviste. Thouin (1997) en a dressé un répertoire de neuf catégories, dont les grilles d'observation, les fiches d'appréciation, les questions orales et les échanges avec les élèves, les réseaux notionnels, le cahier de sciences de l'élève, le dossier d'apprentissage. En appliquant les méthodes et en utilisant les instruments que nous propose cet auteur, nous donnons à l'élève la possibilité d'évoluer dans un contexte favorable à une véritable appropriation du savoir.

De fait, le défi qui consiste à faire comprendre à l'élève le processus à jamais inachevé de la connaissance scientifique et qui se pose à l'enseignement des sciences ne pourra être relevé que si l'évaluation des apprentissages permet de déterminer les transformations conceptuelles produites chez l'apprenant. Pour ce faire, l'évaluation ne peut plus prendre place en début de séquence ou en fin de leçon, mais doit se faire d'une manière plus continue, pour être au service de l'apprentissage. Elle fait partie du processus et ne doit pas être une étape finale et décisive. Dès lors, mettre l'évaluation au service de l'apprentissage renvoie à adopter une posture éthique où la prise en compte de l'altérité délimite les gestes de l'enseignant-évaluateur.

On ne pourra cependant atteindre ces résultats qu'à la condition que les futurs enseignants, tout au long de leur formation à l'enseignement, soient placés dans des conditions d'apprentissage qui invitent à la participation, à la remise en question du savoir scientifique, à la prise en compte de la contribution de tous et de chacun sur le patrimoine scientifique de l'humanité, et ce, au nom de l'épanouissement intellectuel collectif et individuel.

Références bibliographiques

- AIKENHEAD, G. (1981). *L'enseignement des sciences dans une perspective sociale*. Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- APEID (PROGRAMME D'INNOVATION ÉDUCATIVE EN VUE DU DÉVELOPPEMENT EN ASIE ET DANS LE PACIFIQUE) (1983). *Science for All, Report of a Regional Meeting*. Bangkok : Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie et dans le Pacifique.
- ASTOLFI, J.-P., DAROT, É., GINSBURGER-VOGEL, Y. et TOUSSAINT, J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.
- ASTOLFI, J.-P. et DEVELAY, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF, coll. « Que sais-je? », n° 2448.
- ATWATER, M.M. et J.P. RILEY (1993). Multicultural Science Education : Perspectives, Definitions, and Research Agenda. *Science Education*, vol. 77, n° 6, p. 661-668.
- BACHELARD, G. (1986). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : J. Vrin.
- BOGATSKI, A.V. (1975). Formation et recyclage des professeurs de chimie, dans *Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie*. Paris : Les Presses de l'Unesco.
- BYBEE, W.R. (1993). *Reforming Science Education*. New York : Teachers College Press.
- COBB, P. et STEFFE, L.P. (1983). The constructivism researcher as teacher and model-builder. *Journal Research in Mathematics Education*, p. 83-94.
- CONNELLY, F.M. (1987). *Ontario Science Education Report Card : Canadian National Comparisons*. Toronto : Ministry of Education.
- CONSEIL DES SCIENCES DU CANADA (1984). *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes : vol. I-II-III*. Ottawa.
- CONSEIL DES MINISTRES DE L'ÉDUCATION (CANADA) (1997). P.I.R.S. – *Programme d'Indicateurs du rendement scolaire : Évaluation en sciences 1996*.
- DÉSAUTELS, J. et LAROCHELLE, M. (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Québec : Les Presses de l'Université Laval.
- DÉSAUTELS, J. (1980). *École + Science = Échec*. Québec : Québec Science Éditeur / Presses de l'Université du Québec.
- DE VECCHI, G. et GIORDAN, A. (1994). *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche »?*, Nice : Z'éditions.
- FOUREZ, G., ENGLEBERT-LECOMTE, V. et MATHY, P. (1997). *Nos savoirs sur nos savoirs : Un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*. Paris, Bruxelles : De Boeck Université.

- FOUREZ, G. (coord.) (1989). *Enseigner les sciences en l'an 2000*. Belgique : Presses universitaires de Namur.
- GILBERT, K.J. et WATTS, D.M. (1983). Concept, Misconceptions and Alternative Conception : Changing Perspectives in *Sciences Education*, in *Studies. Sciences Education*, vol. 10, p. 61-98.
- GIORDAN, A. *et al.* (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. Berne : Peter Lang.
- GIORDAN, A. (1989). Culture scientifique et technologique, régulation de la démocratie et vie quotidienne, dans *Enseigner les sciences en l'an 2000*. Belgique : Presses universitaires de Namur, p. 29-47.
- GLASERSFELD, Von E. (1983). L'apprentissage en tant qu'activité constructive, dans *Actes de la cinquième rencontre North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education 1*, p. 70-101.
- GRANDSAIGNE, J. (1986). L'éducation en Namibie, dans *Le mois en Afrique : études politiques, économiques et sociologiques africaines*. Paris, p. 154-167.
- GRINEVALD, J. (1978). La face cachée de la science, dans *Le développement insensé : itinéraires pour un combat*. Lausanne : L'Âge d'Homme, p. 244-253.
- GUEYE, B. (1996). L'évaluation sommative dans l'enseignement des sciences. *Education-Formation*, vol. 224, p. 55-62.
- HARDING, S. (1998). *Is Science Multicultural? Postcolonialisms, Feminisms, and Epistemologies*. Indiana University Press.
- HAURY, D., RILLERO, P. (1994). *Perspectives of Hands-On Science Teaching*. Site Internet : <http://www.ncrel.org/skrs/areas/issues/content/cntareas/science/eric/eric-int.htm>.
- HEYLEN, B. (1989). Un idéal de formation secondaire. *Dialogue*, vol. 135, p. 2-21.
- HOOKS, B. (1994). *Teaching to Transgress : Education as the Practice of Freedom*. New York : Routledge.
- JEGEDE, O. (1989). Toward a Philosophical Basis for Science Education of the 1990s : an African View-point, dans *The History and Philosophy of Science in Science Education*. Floride : Florida State University, p. 185-198.
- JODELET, D. [sous la direction de] (1989). *Les représentations sociales*. Paris : PUF
- JOHSUA, S. (1983). Contrôle de connaissances en fin de second cycle (baccalauréat) et nouveaux programmes de physique. *Revue française de pédagogie*, vol. 64, p. 55-73.
- KRASILCHIK, M. (1983). The teaching of science in Brazilian primary schools, dans *New Trends in Primary School Science Education*, p. 24-29.
- LAYTON, D. [sous la direction de] (1988). *Innovations dans l'enseignement des sciences et de la technologie*, vol. I. Paris : Unesco.

- LESOURNE, J. (1988). *Éducation et société : les défis de l'an 2000*. Paris : La Découverte et Le Monde.
- LOVING, C.C. (1997). From the Summit of Truth to Its Slippery Slopes : Science Education's Journey through Positivist-Postmodern Territory. *American Educational Research Journal*, vol. 34, n° 3, p. 421-452.
- MATHY, P. (1997). *Donner du sens aux cours de sciences : des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants*. Paris et Bruxelles : De Boeck Université.
- MOUMOUNI, A. (1967). *L'éducation en Afrique*, 2^e édition. Paris : François Maspero.
- MUJAWAMARIYA, D. (1992). *La perception de situations problématiques reliées à l'enseignement de la chimie au Rwanda : une investigation par l'étude de cas*. Thèse de doctorat non publiée : Université Laval.
- MUJAWAMARIYA, D. (1997). *Pour une éthique de l'évaluation des apprentissages adaptée à la pratique des sciences*, Présentation non publiée préparée pour le 19^e congrès de l'ADMÉE. Hull-Ottawa.
- MUJAWAMARIYA, D. (1999a). Vers un enseignement de sciences adapté au contexte africain : le cas de l'enseignement de la chimie au Rwanda. *Revue canadienne d'études du développement*, vol. 20, n° 1, p. 77-104.
- MUJAWAMARIYA, D. (1999b). *Les savoirs et les pratiques des paysans rwandais dans l'univers scientifique et technologique : cohabitation, fécondation, continuité ou rupture?* (à paraître).
- MUKAM, L. (1986). *L'enseignement des sciences dans le contexte négro-africain*. Yaoundé : Centre national de l'éducation.
- MUNBY, H. (1982). *Qu'est-ce que la pensée scientifique?* Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- NADEAU, R. et DÉSAUTELS, J. (1984). *Épistémologie et didactique des sciences*. Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- NATIONAL ASSESSMENT OF EDUCATIONAL PROGRESS (1988). *The Science Report Card : Elements of Risk and Recovery*. Princeton (NJ) : Educational Testing Service.
- ORPWOOD, G.W.F. (1990). *L'enseignement des sciences et des mathématiques en Amérique du Nord : en progrès ou en déclin?* Québec : Conseil de la science et de la technologie.
- PAGE, J.E. (1979). *Un contexte canadien pour l'enseignement des sciences*. Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- PIAGET, J. (1970). *L'épistémologie génétique*. Paris : PUF, coll. « Que sais-je? ».
- PIAGET, J. (dir.) (1973). *Logique et connaissance scientifique*. Paris : Gallimard, Encyclopédie de la Pléiade.

- RISI, M. (1982). *La macroscole ou l'enseignement systémique des sciences*. Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- ROWELL, J.A. et CAWTHRON, E.R. (1982). Image of Science : An Empirical Study. *European Journal of Science Education*, vol. 4, p. 1-10.
- SOLAR, C. (1995). L'équité en éducation mathématique, dans H. Mackinnon, *Favoriser l'égalité des sexes*. Ottawa : Centre de recherche et d'enseignement sur les droits de la personne, p. 10-20.
- SOLOMON, J. et AIKENHEAD, G. (1994). *STS Education : International Perspectives on Reform*. New York : Teachers College Press, Columbia University.
- STINNER, A., (1995). Contextual settings, science stories, and large context problems : toward a more humanistic science education. *Science Education*, vol. 79, n° 5, p. 555-581.
- THOUIN, M. (1997). *La didactique des sciences de la nature au primaire*. Québec : Éditions MultiMondes, 1997.
- TREMPE, P.-L. (1983). *Lavoisier : l'enseignement des sciences dans une polyvalente*. Ottawa : Conseil des sciences du Canada.
- TREMPE, P.-L. (1990). Sur la sclérose de l'enseignement des sciences, dans *L'éducation 25 ans plus tard! Et après?* Québec : Institut québécois de recherche sur la culture, p. 285-300.
- VIOVY, R. (1989). Objectifs de l'enseignement des mathématiques et des sciences, dans G. Fourez, *Enseigner les sciences en l'an 2000*. Belgique : Presses universitaires de Namur, p. 13-27.
- WAUTELET, M. (1989). Formation des enseignants en physique : société et enseignement, dans G. Fourez, *Enseigner les sciences en l'an 2000*. Belgique : Presses universitaires de Namur, p. 133-138.