HAL open science

# Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones.

André Giordan, Yves Girault

**To cite this version:**

André Giordan, Yves Girault. Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones.. Institut international de planification de l'éducation. 1994. hal-02571899

**HAL Id: hal-02571899**

**https://hal.science/hal-02571899v1**

Submitted on 4 Jan 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

*Programme de recherche et d'études de l'IIPE*

**Développement des ressources humaines:planifier l'offre d'enseignement scientifique à l'école secondaire**

# Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones

*André Giordan et Yves Girault*

Institut international de planification de l'éducation

Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences
dans les pays francophones

*Cette étude a été préparée dans le cadre du projet sur "Planifier l'éducation scientifique dans l'enseignement secondaire " dirigé par Françoise Caillods en coopération avec Gabriele Göttelmann-Duret*

# Les aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones

André Giordan et Yves Girault

Paris 1994

UNESCO: Institut international de planification de l'éducation

Les idées et les opinions exprimées dans cette étude sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues de l'UNESCO ou de l'IIPE. Les appellations employées dans ce volume et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l 'UNESCO ou de l'IIPE aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant à leurs frontières ou limites.

L'Agence suédoise d'aide au développement international (ASDI) a fourni une aide financière pour la publication de ce volume.

Le texte de ce document a été composé en utilisant les micro-ordinateurs de l'IIPE; l'impression et le brochage ont été assurés par l'atelier de reproduction de l'IIPE.

Institut international de planification de l'éducation
7-9 rue Eugène-Delacroix, 75116 Paris

© UNESCO septembre 1994 IIPE/jv

# Planifier l'offre d'éducation scientifique dans l'enseignement secondaire

L'un des défis majeurs que doit relever la planification des ressources humaines consiste à faire face aux inégalités affectant, d'un pays à l'autre, le niveau du développement technologique. Au cours des dernières décennies, le monde a connu une énorme expansion scientifique et technologique, mais ce phénomène n'a pas connu la même ampleur dans toutes les sociétés. Cependant, la capacité de maîtriser et d'appliquer la science et la technologie est un facteur indispensable du processus de modernisation et de développement des systèmes économiques.

Conscients de cette réalité des les années 1960, les pays en développement se sont engages dans des programmes destines à soutenir le développement de l'éducation scientifique dans l'enseignement secondaire et supérieur. Des efforts considérables ont été déployés, et le nombre des élèves et des étudiants qui suivent une formation scientifique s'est accru presque partout. Cependant, les résultats ont rarement été au niveau des espérances, et la pénurie en personnel possédant une formation scientifique de niveau supérieur ou secondaire continue d'entraver le développement socio-économique de nombreux pays. Les raisons de cet état de fait sont multiples: les professeurs de sciences correctement formes et motives sont encore en nombre insuffisant dans la plupart des pays; les reformes des programmes d'éducation n'ont pas été appliquées selon les prévisions, soit par défaut des ressources nécessaires, soit parce qu'il faut, dans tous les cas, un certain temps aux écoles et aux enseignants pour changer leurs habitudes et leurs méthodes d'éducation. Plus récemment l'éducation scientifique semble avoir particulièrement souffert de l'austérité économique, qui a conduit à une diminution, en valeur constante, des ressources attribuées à l'éducation dans un certain nombre de pays. Tous ces problèmes se sont trouvés aggravés par le manque de

coordination entre les multiples administrations et institutions concernées par l'éducation secondaire, et par une planification insuffisante. n en est résulte que, dans un grand nombre de pays, l'éducation scientifique est encore dans un état critique.

L'objectif global du projet de recherches de l'IIPE sur " La planification de l'offre d'éducation scientifique " est d'évaluer l'état de l'éducation scientifique au niveau de l'enseignement secondaire dans une série de pays en développement et de renforcer leur capacité nationale de planifier et d'administrer cette éducation par des méthodes susceptibles de contribuer au développement des ressources humaines .

Les études et les monographies entreprises dans le cadre de ce projet visent à:

(i) établir un état de l'éducation scientifique au niveau secondaire dans des pays parvenus à différents niveaux de développement économique;
(ii) développer les techniques et les indicateurs utilisables par le planificateur dans l'évaluation de l'offre d'éducation scientifique;
(iii) identifier les stratégies permettant de dispenser plus efficacement l'éducation scientifique;
(iv) mesurer l'impact de l'éducation scientifique sur le développement des ressources humaines.

Ce projet est centre sur l'enseignement secondaire général. Il est illusoire de tenter de mettre en oeuvre une politique visant à renforcer la formation scientifique dans l'enseignement supérieur si les élèves des niveaux inférieurs n'ont pas subi une préparation adéquate. Une autre raison de ce choix réside dans le fait que le développement ne dépend pas seulement de quelques spécialistes scientifiques à formation de haut niveau, mais aussi de l'existence d'une main-d'oeuvre de niveau intermédiaire correctement formée et d'une population possédant les rudiments de la culture scientifique. Dans un contexte d'incertitude économique et de mutations technologiques rapides, il est plus important encore d'améliorer la qualité et la flexibilité de la force de travail, et de rechercher des méthodes efficaces de formation. Plus l'offre initiale d'éducation sera satisfaisante, particulièrement dans le domaine scientifique, et plus

il sera facile d'offrir ultérieurement des formations spécifiques et d'organiser le recyclage. Cependant, la mise en oeuvre d'une éducation ayant pour objet de développer la curiosité des élèves, de les encourager à comprendre et à résoudre les problèmes plutôt que de se limiter à la mémorisation - en un mot, de faire naître chez eux l'esprit scientifique -, pose toute une série de questions.

Quels sont les principaux objectifs d'un enseignement scientifique ? Quelles connaissances un adulte devrait-il avoir dans ce domaine ? Que faut-il enseigner aux enfants dans les écoles et les collèges ? Quelle méthode d'enseignement est la plus efficace ? Le contenu de l'enseignement scientifique et les méthodes d'enseignement ont été l t objet de nombreux débats et travaux dans les pays francophones. Des études ont été menées en particulier pour identifier la façon dont les enfants acquièrent les connaissances scientifiques et partant de la, quelles seraient les méthodes d'enseignement les plus efficaces. Ces recherches ont des conséquences aussi sur la manière de former les enseignants.

Le présent ouvrage sur les *aspects qualitatifs de l'enseignement des sciences dans les pays francophones* s'inscrit dans le projet de l'IIPE sur la planification de l'offre d'éducation scientifique dans l'enseignement secondaire. I1 fait le point sur les débats ainsi que sur les principales recherches en didactiques des sciences réalisées dans des pays francophones au cours des dix dernières années. Bien que ces recherches aient été menées dans des pays développes, leurs résultats sont pertinents pour la formulation des politiques et la planification de l'enseignement scientifique dans les pays en développement.

Cet ouvrage qui s'appuie sur des recherches existantes mais aussi largement sur l'avis d'experts, complète un état des travaux qui avait été mené sur la base de la littérature anglophone. Ses auteurs, André Giordan, Professeur à l'Université de Genève, Président des Sciences de l'Education et Yves Girault, Maître de Conférence au Muséum national d'histoire naturelle à Paris et Professeur associé à l'Université de Montréal, ont publie de nombreux travaux en matière de didactique des sciences.

# Remerciements

La synthèse de cette étude a été réalisée par André Giordan, Professeur à l'Université de Genève, Président des Sciences de l'Education, Consultant auprès des organisations internationales et Yves Girault, Maître de Conférence au Muséum national d'histoire naturelle à Paris, Professeur associe à l'Université de Montréal.

Elle s'appuie sur les principales recherches de didactique réalisées essentiellement dans les pays francophones au cours des dix dernières années.

En outre, cette étude a été complétée par une série d'interviews réalisées par Maryline Cantor auprès de quelques principaux spécialistes francophones du domaine: Jean-Pierre Astolfi, Victor Host, Jean-Louis Martinand, Guy Rumelhard et Christian Souchon. Les éléments tires de ces interviews sont signales par un astérisque. Francine Boillot a rédigé les pages concernant les enjeux et fondements de l'éducation relatifs à l'environnement.

# Table des matières

Remerciements ix

Introduction 1

Chapitre I Les principaux objectifs d'un enseignement scientifique 6

1. Etat des finalités dans l'enseignement 11
2. Principales raisons d'enseigner les sciences et les techniques 14
3. Ebauche d'objectifs scientifiques, fondateurs pour les années 2000 23
4. L'operationnalité des finalités 28

Chapitre II Réflexion sur les programmes d'enseignement des sciences expérimentales et de la technologie dans l'enseignement général 29

1. Place de l'enseignement des sciences à l'école primaire 29
2. Contenus des programmes pour les collèges et les lycées 34
3. Quelques prémisses pour une réflexion sur les programmes scientifiques 38
4. Faut-il enseigner les sciences de façon intégrée, ou les disciplines séparément ? 42
5. Doit-on spécialiser l'enseignement des sciences au lycée ? 46
6. L'enseignement de la technologie, problèmes et enjeux 49
7. Les enjeux et les fondements de l'éducation relatifs à 1 'environnement 56

Chapitre III Le contexte d'exercice de l'enseignement des sciences 66

1. L'enseignement doit-il être dispense à des classes hétérogènes ou doit-on former des groupes de niveau ? 66
2. Le travail expérimental est-il suffisamment pratique ? Et dans quelles conditions ? 75
3. Les manuels scolaires 85
4. L'évaluation 92

Chapitre IV Les méthodes d'enseignement et d'apprentissage 98

1. Les théories de l'apprentissage 98
2. Rapports de la recherche didactique à l'enseignement 102
3. Un nouveau modèle d'apprentissage 109
4. Mise en place de méthodes d'enseignement 115

Chapitre V La formation des enseignants 117
1. Peut-on définir un bon enseignant ? 118
2. L'éducation: une science ou un art ? 125
3. Importance et mode de transmissions des savoirs professionnels 128
4. Conclusion 137

Chapitre VI Conclusion 139
1. Les principaux objectifs d'un enseignement scientifique 139
2. Réflexion sur les programmes d'enseignement des sciences expérimentales et de la technologie dans l'enseignement général 141
3. Le contexte d'exercice de l'enseignement des sciences 141
4. Les méthodes d'enseignement et d'apprentissage 142
5. La formation des enseignants 143

Bibliographie 145

# Introduction

L'appropriation d'une culture scientifique et technique est. de l'avis d'un grand nombre, un facteur essentiel de la compétitivité économique et du rayonnement industriel d'une société. L'évolution très rapide des techniques modernes tend à déstabiliser nos valeurs éthiques et culturelles. Les nouveaux défis auxquels nous sommes confrontes (environnement, SIDA et autres épidémies, démographie galopante, crise économique...) réclament de nouveaux repères. Le développement des technologies de communication et de traitement de l'information (télématique, informatique, robotique...), la maîtrise des biotechnologies sont en train de modifier nos modes de production et de consommation. Ils remettent en cause les principes et les fondements de l'économie classique; la notion de travail se trouve transformée.

Face à ces enjeux, les savoirs scientifique, technique et médical ne peuvent plus rester enfermes dans les laboratoires, ils doivent être partages par le plus grand nombre.

Ces mutations nous obligent à de profondes remises en cause, elles nécessitent de nouveaux outils de pensée. Elles conduisent à envisager de nouvelles valeurs et de nouveaux mécanismes de régulation de la société. C'est dans ce contexte, qu'il faut envisager un partage de la culture scientifique et technique qui peut offrir à chaque individu, en plus du plaisir d'apprendre, les moyens d'une réflexion éclairée sur les enjeux technologiques et l'évolution sociale de demain.

Toutefois la mise en place d'une culture scientifique et technique suppose une modification fondamentale des rapports que les individus entretiennent avec les sciences et les techniques. Pendant que les sciences

et les techniques sont un moteur puissant du développement économique et social, alors qu'elles modifient de façon considérable notre vie quotidienne, le fosse tend à se creuser entre les sciences, les techniques et la société. La majorité des individus continue à penser que ces disciplines ne la concernent pas, qu'elles sont l'affaire des spécialistes. De l'autre côté, les scientifiques, les ingénieurs, les médecins, dans des domaines de plus en plus étroits, doivent produire de plus en plus rapidement des savoirs partiels pour rester compétitifs. Leur travail ne les pousse pas à s'interroger sur le pourquoi ou le comment des conséquences de leurs études, ni sur les implications de leur travail.

Les sciences et techniques deviennent alors l'objet de controverses. Pris à partie, elles suscitent de nouvelles interrogations, soulèvent des contradictions et font même émerger de l'angoisse. Le développement de mouvements anti-science, la montée de l'irrationnel et de l'intégrisme popularisée par la télévision sont la pour en témoigner. La réconciliation entre sciences et société, entre culture classique et culture scientifique, ne représente-t-il pas un des enjeux de notre temps?

Toutefois cette transformation des relations science-société n'est pas seulement l'affaire des spécialistes. L'école a toute sa place, à condition qu'elle sache se reformer en profondeur. Lorsque l'on demande aux jeunes si les sciences les intéressent à l'école, ils répondent presque immanquablement par la négative. Et de fait, il faut bien l'avouer: en Europe, l'élève est fréquemment dégoûté par les sciences à l'école, sa curiosité diminue avec le niveau scolaire. Les programmes, les méthodes, les cours de sciences n'atteignent pas les objectifs fixes car ils ne prennent pas en compte suffisamment le plaisir qu'a le jeune de découvrir. Certes, les sciences et les techniques ne sont pas un sujet porteur comme le sport ou la musique rock; mais les sciences font peur, elles sont trop utilisées comme éléments de sélection. De plus, les choix pédagogiques actuels ont donne à ces approches un abord plutôt rébarbatif, nécessitant de la mémorisation, un vocabulaire abscons et moult formules mathématiques.l

1. Giordan A. " De nouveaux repères culturels et éthiques. " Lettre LDES, No. 10, 1994 (extraits).

Des critiques similaires sont formulées au Canada[2]: " les résultats de la recherche montrent que les élèves n'ont pas acquis l'esprit scientifique. L'intérêt pour les sciences, au lieu d'augmenter, régresse. Et pire encore, l'enseignement des sciences, via le système des voies, favorise l'élitisme plutôt que l'acquisition d'une culture scientifique. Nos élèves ont non seulement la tête bien vide, mais aussi mal faite. "

Des lors, cet enseignement rend impossible le projet de faire acquérir un optimum de savoirs au plus grand nombre, ainsi qu'une mise en perspective de ces derniers. Bien plus, cet enseignement scientifique trop rapidement abstrait, sans signification pour leur vie, menace la qualité de la culture à faire acquérir.

Heureusement, de nombreux enseignants s'interrogent. Cette préoccupation pour l'état de l'enseignement des sciences n'est pas un épiphénomène local. Au cours des dernières années, les Etats-Unis [3], le Royaume-Uni [4], le Canada [5], ont développe de grandes enquêtes sur l'enseignement scientifique. D'autre part, dans les pays en voie de développement le besoin de revitaliser l'enseignement scientifique se fait de plus en plus ressentir. Ainsi, l'UNESCO a parrainé des colloques sur

2. Desautels J. Ecole + Science = Echec, Québec Science Editeur, 1980.

3. National Science Foundation et Departement of Education, Science and engineering education for the 1980s and beyond, Rapport adresse au Président, Washington D.C.,

4. Association for Science Education, Through science, expose de politique, Hatfield (Herts.), Grande-Bretagne, 1981.

5. Orpwood G.W.F.; Souque J-P. " L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. " Volume 1: Introduction et analyse des programmes d'études, Etudes de documentation, S2, 1984.
Lire aussi, Suzuki D. The impact of science and technology on éducation.
Allocution prononcée au congres annuel de l 'Association canadienne de l 'éducation Vancouver, le 24 septembre 1980.

cette question [6], et très récemment une recherche dirigée par Lewin[7] traita de ce sujet.

Toutes ces études sont unanimes pour souligner l'échec relativement important de l'enseignement des sciences. I1 serait donc illusoire de prétendre trouver facilement des solutions communes pour tous les pays, c'est la raison pour laquelle, nous avons tente, dans cet ouvrage, de formuler les questions que doivent se poser de façon privilégiée toutes les personnes voulant améliorer l'enseignement scientifique de son pays. Ce document propose en fait une synthèse de travaux de recherche et d'expériences diverses qui ont été majoritairement effectues dans des pays francophones. Ce facteur limite donc la portée de ce travail qui n'a cependant pas pour objectif de présenter une analyse exhaustive de cette question, mais qui a pour principal objectif être une aide à la décision.

Pourquoi enseigne-t-on les sciences ? Cette question qui fait l'objet du *Chapitre I* peut paraître dérisoire, mais en fait elle est fondamentale, car la nature des réponses que l'on peut apporter va conditionner le type d'enseignement scientifique qui sera propose dans les écoles. Dans le *Chapitre II,* en nous basant sur l'évolution des programmes scientifiques français, nous analyserons les éléments à prendre en compte dans le cadre d'une modification de programmes. Dans le *Chapitre 111,* nous présenterons les principaux facteurs (effectif, matériel, évaluation...) qui induisent le plus souvent un échec des changements proposes par les ministères de tutelle. Les *Chapitres IV* et V s'adressent aux principaux acteurs de l'enseignement scientifique scolaire. Nous nous intéresserons d'abord aux différentes méthodes d'apprentissage ayant eu cours depuis une vingtaine années, avant de présenter les résultats récents de recherche en didactique des sciences qui ont clairement

6. UNESCO, congres international sur l'enseignement de la science et de la technologie et le développement national, UNESCO, Paris, du 23 novembre au 2 décembre 1981. UNESCO, International forum on scientific and technological literacy for all, Project 2000. Paris, juillet 1993.

7. Lewin KM. Science éducation in developing countries: issues and perspectives for planners. The developpent of human resources: the provision of science éducation in secondary schools, IIEP research and studies programme. Paris, 1992.

mis en évidence que tout apprentissage ne pouvait s'effectuer sans la participation active des apprenants et qu'il faut donc prendre en compte leurs conceptions. Enfin, il est évident qu'aucune modification importante ne peut s'effectuer sans la participation active des enseignants. Nous présenterons donc dans le *Chapitre V* des éléments de réflexion sur la formation initiale et continue des enseignants scientifiques. Finalement le *Chapitre VI* donne des conclusions.

# *Chapitre I*
# Les principaux objectifs d'un enseignement scientifique

I1 semble important aujourd'hui de débattre des finalités de l'éducation scientifique et cela de la manière la plus large; car, si l'on constate dans la plupart des pays européens que le niveau culturel des individus augmente, les exigences en la matière progressent encore plus fortement. Le colloque de Namur[1] n'a-t-il pas été l'occasion d'aborder les véritables points sur les savoirs à transmettre, qu'une pédagogie par objectifs avait occultes ? Voila déjà plus de 15 ans (Giordan et col., 1978) que nous tentons de soulever un très large intérêt pour ces questions, en portant notre attention principalement sur l'acquisition du savoir scientifique, domaine où elles se posent avec le plus d'acuité. En effet, on ne peut continuer encore longtemps à imposer des programmes scolaires surcharges, aux contenus parfois incohérents et souvent irréfléchis par rapport aux nécessites actuelles.

Cette interrogation d'ailleurs, dépasse le seul secteur scolaire: nos sociétés sont confrontées à des questions autrement énormes, retombées immédiates de l'implantation rapide de cette énorme technostructure scientifico-industrielle. Cette " énorme machine " comme certains la qualifient, ou savoirs scientifiques et savoirs techniques sont intimement associes, fabrique certes du " mieux-vivre ", du progrès, mais elle " produit également de l 'ignorance et de l'aveuglement. " (Morin, 1 990).

Plus la connaissance se développe, plus elle devient parcellisée, ésotérique et réservée en définitive à un nombre limite de personnes.

1. Fourez G. " Enseigner les sciences en l'an 2000. " Actes du colloque de Namur. Presses de l'Université de Namur, 1989.

Stockée dans d'immenses banques de données, elle en ressort concentrée, anonyme et surtout incontrô1able car différente de la façon dont elle y entre (les questions qui la sous-tendent ne sont plus les mêmes à l'entrée et à la sortie). Cependant dans la société informatisée du XXIe siècle n'est-ce pas la capacité à utiliser judicieusement les informations disponibles qui départagera les travailleurs qualifies des non qualifies, et ce au détriment des seules connaissances acquises ?

Dans le même temps, la société se complexifie et un nombre chaque jour plus grand de décisions politiques se prennent au nom de cette rationalité scientifico-technique. On se trouve dans le règne des spécialistes: les experts suppléent de plus en plus souvent les hommes politiques dans les choix à effectuer. Malheureusement les experts le sont sur des points étroitement spécialisés, leur compétence s'exerce sur un domaine chaque jour plus limite et elle s'accompagne au mieux ... d'une large incompétence sur le reste. Dans un tel contexte, plus la politique devient scientifique, plus la régulation démocratique de la société régresse car l'individu perd l'accès à la connaissance et le citoyen, le droit à la décision. Une dépossession du savoir s'installe alors très progressivement dans les sociétés industrielles. Comme le soulignait déjà Edgar Faure (1972) dans son rapport intitule " apprendre à être " à la commission internationale pour le développement de l'éducation: " Les connaissances techniques revêtent une importance vitale dans le monde moderne, et elles doivent faire partie de l'instruction de base de chacun. L'ignorance des méthodes techniques place de plus en plus l'individu à la merci d'autrui dans la vie quotidienne, réduit ses possibilités d'emploi et accroît le danger que les effets nuisibles possibles d'une application inconsidérée de la technologie - aliénation des individus, pollution - ne finissent par prendre le dessus. La plupart des gens profitent passivement de la technologie ou s'y résignent sans comprendre; ils ne peuvent par conséquent exercer aucune action sur elle. "

Ce thème qui a fait l'objet d'un consensus international en 1972, a été repris au Canada en 1984 [2] car les responsables estimaient " que bien peu de choses avaient change. " Ainsi, Aikenhead (1980) demandait dans un document prépare pour les fins de cette étude que " tout programme d'enseignement des sciences dans une perspective sociale soit envisage comme un phénomène culturel s'inscrivant dans un contexte social. " Les participants aux conférences délibératives qui se sont déroulées dans chaque province ont abonde dans le même sens. Ils ont presque unanimement exige que l'enseignement des sciences informe mieux les élèves sur les questions scientifiques et techniques, et sur leurs incidences dans la société canadienne actuelle. à ce sujet les membres de cette commission ont note que les autorités scolaires de nombreux pays axaient, avec un certain succès, leurs programmes d'enseignement des sciences sur les interactions entre sciences, technologie et société (STS) (Ziman 1980). D'ailleurs, Aikenhead (1980) a démontré, en s'appuyant sur des enquêtes, que les cours " STS" ne portent nullement préjudice à la formation scientifique traditionnelle des élèves, et notamment des plus brillants.

Comme le fait remarquer Martinand (1992) divers colloques ont souligne les préoccupations de la communauté scientifique par rapport aux enjeux de la culture scientifique et technique. Les objectifs de la formation scientifique[3] - Projects 2061: Science for all Americans, organise par l'American Association for the advancement of Science[4] - Culture technique et formation, Paris 1987[5] - Les Journées internationales sur la communication, 1'éducation et la culture scientifique et technique,

2. Après quatre années de recherche sur l'enseignement des sciences au Canada, le Comité de l'enseignement des sciences publia un document de synthèse de ces travaux: à l'école des sciences. La jeunesse canadienne face à son avenir. Rapport du conseil des sciences du Canada, 91 p., 1984.

3. Actes du colloque publies par les sociétés scientifiques de France, Palaiseau, 1990.

4. Lire à ce sujet Raizen S. The reform of science éducation in r/le USA. Studies in Science Education, No. 19, 1991.

5. Culture technique et formation. Actes du colloque tenu à la cité des sciences et de l'industrie, Presses Universitaires de Nancy 1991.

Chamonix 1992 (Giordan et col. Ed., 1992) - L'enseignement des sciences, des mathématiques et de la technologie dans les pays de l'OCDE (1991, CERI) - Policy issues and school science éducation 1990 (Jenkins Ed., Université de Leeds) - Déclaration du Conseil national des Programmes (CNP) sur l'enseignement des sciences expérimentales (1991, Paris, ministère de l'Education nationale). Quand la science se fait culture (Schiele B. Ed., 1994).

L'une des questions primordiales qui ressort de l'ensemble de ces discussions peut être formulée ainsi: " Quels savoirs seront nécessaires pour le XXIe siècle ? " Toutefois, il ne s'agit plus de se lamenter ou d'en rester à quelques propositions générales: il nous faut aujourd'hui trouver des solutions durables et pour déboucher, il est important d'aborder en synergie un ensemble d'aspects intimement lies. Parmi les plus aigus, on peut déjà avancer quatre points à débattre:

(A) Peut-on prévoir quelles connaissances seront opératoires dans 20 ou 50 ans ? Ou peut-on tenter d'imaginer, à l'instar de Hostein (1992) quels seront les savoirs à développer ? Les savoirs scientifiques évoluent très rapidement: au cours de ces dix dernières années, nous avons assiste à l'émergence de multiples champs de recherche (supraconducteurs, fractales, etc.), à des changements considérables de concepts dans de nombreux domaines (immunologie, biologie moléculaire, physique des fluides). Par ailleurs les connaissances techniques ou informatiques ont radicalement mute. Qu'adviendra-t-il des modèles actuels dans les prochaines années ? Ainsi, la formation des jeunes présente un défi de taille au système d'enseignement. Comme le souligne Risi (1982) " Ne leur faudra-t-il pas s'adapter à un monde du travail en évolution très rapide où, trop souvent, ce qu'ils ont appris n'est plus utile ou utilise ? " C'est la raison pour laquelle cet auteur précise: " L'enseignement sera systémique, sur le modèle de l'entreprise. En effet dans l'entreprise, il ne suffit pas de réunir les disciplines pour trouver la recette, il faut plutôt apprendre à recueillir, à articuler et à hiérarchiser les informations qui parviennent sans cesse du monde ou l'homme vit, bref il faut apprendre à faire la synthèse des informations à leur lieu de rencontre. "

(B) Comment relever le défi de l'organisation ? Aujourd'hui, il devient d'abord utile de saisir des interactions, -des interdépendances entre les multiples éléments de systèmes complexes. Il s'agit souvent d'envisager et de dépasser les contradictions, les synergies entre ces

derniers, il est. indispensable de percevoir comment les systèmes s'auto-organisent. Dans ce contexte, l'approche classique qui consiste à disséquer les " choses ", les " phénomènes ", pour en comprendre les parties les unes après les autres, la connaissance du tout en découlant, s'avère limitée et parfois obsolète. De nouvelles conduites débouchant sur la production de modèles approches, c'est-à-dire proposant une bonne approximation du phénomène étudie par rapport aux questions étudiées, ne peuvent-elles être promues ?

(C) Comment gérer l'augmentation considérable du flux de connaissances ? On observe un accroissement de type exponentiel des savoirs. Par exemple, ils ont été multiplies par 2 en huit ans en chimie, en dix ans en médecine. Peu importe ce chiffre qui peut prêter à quelques discussions sur leur degré de signification: le fait global est la, et il ne sera pas sans conséquences pour le système éducatif. Va-t-on prolonger le nombre de sujets à traiter (et par la le nombre d'heures de cours) d'un facteur équivalent ? Va-t-on décider d'introduire de nouvelles sous-disciplines dans les cursus ? Va-t-on introduire de nouveaux contenus d'apprentissage ?

(D) Enfin (provisoirement du moins), comment envisager une appropriation minimale des finalités potentielles par la plus grande partie de la population ? Les idées sur l'apprentissage des savoirs sont aujourd'hui reformulées, suite à un ensemble de travaux de psychologie cognitive, d'intelligence artificielle, d'épistémologie et de didactique; de plus, L'école n'est plus le seul lieu d'acquisition de connaissances, les mass media, l'informatique, la télématique sont en train de révolutionner les modes d'information et de formation. L'école traditionnelle ne risque-t-elle pas être de plus en plus souvent occultée par ces technologies plus attrayantes, si des mutations ne sont pas envisagées pour les intégrer plus efficacement ?

Pour avancer dans cette réflexion, il est souhaitable de pousser notre investigation sur plusieurs pistes pour lesquelles nous manquons d'éléments pour nourrir les débats. D'abord, il est utile établir un véritable état du système scolaire, en ce qui concerne l'aspect étudie. Ensuite, il apparaît important établir une argumentation fondée qui puisse sous-tendre l'existence et l 'importance d'une discipline d'enseignement, et en la matière, il faut inventorier les moments divers, les raisons précises qui impliquent une certaine maîtrise des savoirs scientifiques et

techniques. Enfin, il faut produire de nouveaux projets réalistes. C'est en tenant compte des divers paramètres ci-dessus que nous nous risquerons à avancer, pour promouvoir et préparer les discussions, quelques propositions directrices pour définir des finalités opératoires.

## 1. Etat des finalités dans l'enseignement

Les finalités assignées à l'enseignement s'expriment actuellement à travers les programmes. Dans les systèmes européens, ils sont souvent l'expression officielle et explicite de l'autorité politique nationale ou régionale. En réalité, ils s'avèrent être fréquemment, soit le produit d'une forte personnalité (inspecteur général ou scientifique qui a établi *a priori* ce que l'élève doit apprendre), soit le fruit d'un consensus parfois difficile entre scientifiques qui ont cherche une reconnaissance, une légitimité ou tout simplement un débouché à leur spécialité. Il en résulte des contenus figes sur un certain nombre d'habitudes, centrés sur les anciennes disciplines classiques. Le plus souvent, les programmes sont fabriques suivant la logique interne de la discipline: on prend comme référence ce qui est demande classiquement à l'Université (ou dans les classes préparatoires aux grandes Ecoles), puis par réductions, on détermine les études des classes terminales et on induit directement les programmes antérieurs jusqu'au début de l'école primaire. Parfois même, l'approche universitaire est déversée automatiquement dans la scolarité obligatoire, sans aucun préalable, comme ce fut le cas avec les " mathématiques modernes " ou la biologie moléculaire. Ainsi, comme le souligne Fourez (1992) " Nos manières d'enseigner les sciences sont-elles centrées sur des théories et des modèles intéressants pour les élèves; ou, au contraire, notre enseignement est-il centre sur les intérêts des scientifiques ? parfois nos cours de sciences ne sont-ils pas plus une manière de les faire entrer dans le monde des scientifiques, qu'une façon de les aider à explorer leur monde à eux ? Autrement dit, enseignons-nous la biologie, la chimie, la physique, les mathématiques, ou enseignons-nous aux jeunes à se débrouiller dans le monde ?" En fait, aucun véritable débat d'idées ne préside à l'élaboration des curriculums. Seules des nécessites professionnelles (les connaissances supposées pour de futurs scientifiques". et encore cet aspect serait à préciser) sont envisagées. Au mieux, quelques propos extrêmement généraux sur l'éveil de la personnalité et la place des sciences dans les divers moments de la vie viennent s'inscrire parfois dans

l'énoncé préalable, mais ils sont rarement repris en compte dans la rédaction des différents points.

Pourtant des discussions importantes sont à mener sur ces plans en raison des évolutions actuelles; de plus, elles devraient concerner l'ensemble de la population car ces questions ne sont pas seulement techniques, elles dépendent des choix et des priorités sociales attribuées à l'éducation. Dans ce contexte, comment pouvons-nous fixer les finalités de l'enseignement scientifique ?

Selon Martinand (1992) il existe actuellement quatre enjeux importants:

- la reconnaissance de la nécessité et de l'utilité de l'éducation scientifique;
- la reconnaissance du rôle de l'école en matière de culture scientifique et technique par réaction au point précèdent se multiplient des interventions bien intentionnées mais souvent simplistes qui ont tendance à trop minimiser le rôle de l'école;
- une réflexion sur les exigences corporatistes qui sont le plus souvent responsables de l'inflation des programmes et par conséquent de leur inaccessibilité; et enfin
- une reconnaissance de la technologie qui reste le plus souvent ignorée.

Beslisle (1985) pour sa part retient cinq objectifs importants:

- rendre accessible à un plus grand nombre l'information scientifique et technique, démocratiser le savoir;
- réduire les tensions et dysfonctionnements de la société technicienne en permettant une meilleure adaptation aux impératifs organisationnels et fonctionnels;
- modéliser le rapport au réel en développant une approche scientifique quantifiante et rationnelle et une approche technique mécanisante et impersonnelle;
- développer l'esprit d'observation et d'émerveillement en dévoilant l'inconnu de " la nature "; et enfin
- favoriser l'autonomie et la liberté de chacun en lui fournissant les clés de son environnement actuel.

Fourez (1992) quant à lui entrevoit deux perspectives prioritaires pour l'AST[6] " L'AST poursuit des buts humanistes dans la mesure ou elle veut permettre à chacun de déployer des potentialités. D'autre part, elle est aussi promue pour des raisons économiques liées à l'adaptation de l'individu aux contraintes économico-sociales. "

Selon que l'on poursuit prioritairement l'une ou l'autre de ces finalités, le choix des savoirs à privilégier sera différent, la formulation de ces derniers ne sera même pas identique. Définir des finalités éducatives ne peut donc plus se réduire à présenter un simple programme de connaissances. Bien au contraire, la formulation de tout projet demande à être explicitée dans ses ressorts intimes et débattue le plus précisément et le plus largement possible. Il serait même souhaitable qu'elle soit l'objet d'un très large consensus (national, voire européen) car les choix doivent engager l'ensemble des forces vives de la société.

Nous souhaiterions préciser à ce stade que le rôle de la recherche didactique n'est pas de s'ériger en " faiseuse de programme. " Tout au plus, elle ne pourrait apporter qu'une opinion, celle de son auteur, et nous retournerions immanquablement aux difficultés évoquées au préalable, celles de l'expertise". Par contre la recherche didactique peut préparer le terrain en montrant des évolutions, en présentant des comparaisons entre les multiples programmes. Elle peut fournir également des " types de canevas " pour la réflexion, ou comme nous allons le développer, proposer des scénarios possibles.

Ceci étant pose, nous souhaitons nous attarder sur certains caractères qui rendent les savoirs scientifiques et techniques nécessaires pour chaque individu dans nos sociétés, ou pour la société elle-même.

6. En anglais Scientific and technological literacy: en français aussi parfois " acculturation scientifico-technique. "

## 2. Principales raisons d'enseigner les sciences et les techniques

C'est une première ébauche d'inventaire que nous décrivons ci-dessous. Il est toutefois souhaitable de préciser au préalable que la plupart des aspects mis en avant présentent des zones de superpositions ou d'intégrations; pour caractériser au mieux ces divers intérêts possibles, nous avons choisi de les regrouper dans les huit ensembles suivants: (i) intérêts professionnels ou économiques, (ii) intérêts socio-politiques, (iii) intérêts pratiques, (iv) intérêts opératoires, (v) intérêts meta-cognitifs, (vi) intérêts éthiques, (vii) intérêts épistémologiques, (viii) intérêts ludiques.

La liste ci-dessus ne préfigure pas un quelconque ordre de priorité. Celui-ci doit cependant être l'objet d'un point particulier des discussions à mener: nous voudrions insister sur le fait que selon les choix mis en avant (et/ou leur pondération), les propositions concrètes qui en résultent sont différentes, quand il s'agit de promouvoir des curriculums.

### *2.1 Intérêts professionnels ou économiques*

Un nombre de plus en plus grand de professions nécessité la maîtrise d'un " minimum " de savoirs scientifiques ou techniques, et cela dans ses multiples composantes. Il faut préciser, pour tenir compte des changements en cours, que cette maîtrise implique simultanément la capacité de s'adapter aux évolutions rapides de ces savoirs. Il faut ajouter que des professions traditionnellement éloignées, comme celles d'avocats ou d'artistes , ont besoin aujourd'hui d'une certaine alphabétisation dans le domaine considère, pour comprendre les attendus de ces savoirs ou faire face à des pratiques ou à des techniques qui s'insèrent dans leurs champs d'action. C'est la raison pour laquelle des " boutiques de sciences " se sont développées d'abord aux Pays-Bas dans les années 1977 puis en France (juin 1981). Comment définir en quelques mots une " boutique de sciences ? " "Il s'agit d'un service public localise hors des institutions scientifiques ou les usagers, (le public) peuvent venir soumettre des problèmes concrets nécessitant l'intervention d'un savoir spécialisé. La vocation des boutiques de sciences est de prendre en compte la demande et d'organiser le recours aux spécialistes jusqu'à ce qu'une réponse

satisfaisante et intelligible ait été donnée " (Grea, 1985). " Les boutiques de sciences constituent donc un petit pas de la technocratie vers la démocratie technique. "[7]

Ainsi, malgré le succès qualitatif de ces boutiques de sciences, notamment aux Pays-Bas, minimise cependant par leur existence encore très sporadique, il apparaît indispensable d'élever collectivement le niveau des savoirs scientifiques et les compétences technologiques de l'ensemble des individus qui composent la société. La culture scientifique, technique et industrielle apparaît en effet actuellement, d'autant plus que nous nous situons dans une crise économique importante, comme une exigence nationale sur le marche international. Elle peut favoriser la production industrielle, développer les capacités d'innovation et d'adaptation: autant de paramètres favorable es à un développement économique efficace et coordonne. Ainsi comme le souligne Steed (1982) " Les individus ayant l'esprit d'entreprise jouent un rôle primordial dans la réussite d'une innovation technologique. Celle-ci suppose vraisemblablement un mélange varie de jugement, d'audace et de chance ", et elle consiste en un processus d'association d'idées " qui se produit d'abord dans l'esprit de personnes imaginatives " et donne naissance à une idée nouvelle. C'est donc grâce à la créativité des individus que les entreprises industrielles et la collectivité prospèrent.

*2.2 Finalités socio-politiques*

Dans nos sociétés actuelles, comme nous l'indiquions en début de ce texte, un ensemble de décisions politiques sont engagées sous couvert de compétences scientifiques et techniques. Actuellement, ces choix reposent de fait sur les problématiques des experts. Or, il importe, dans les sociétés démocratiques, que les citoyens participent au plus près à la régulation de leur société. Les demandes de plus en plus pressantes de participation aux discussions et aux décisions montrent une perte de confiance dans les instances de décisions.

7. Citation sans auteur reprise dans: Smailt Ait Ed. " Vulgariser: un défi ou un mythe ? La communication entre spécialistes et non-spécialistes. " Chronique Sociale, Centre national des lettres, 1985.

Quelques efforts certes, ont été tentes en vue d'élaborer des procédures qui aident à comprendre les problèmes et les solutions adoptées [8] ; mais globalement, ces concertations sont encore impossibles ou inefficaces , faute d'organisations institutionnelles adaptées et de préparation de la part des scientifiques, des ingénieurs ou des décideurs. Dans le même temps, les citoyens n'ont pas accès aux sources d'informations adéquates (cf. transfert de sang contamine en France, dangers nucléaires), ni le plus souvent les moyens d'interpréter ces données par manque de connaissance des concepts intégrateurs ou des méthodologies qui les sous-tendent (divers aspects de la pollution, fécondation in vitro, cartographie du génome humain...).

Face aux évolutions à venir, des débats doivent s'instaurer: il est désormais utile d'élargir la démocratie aux choix technologiques fondamentaux qui conditionnent l'avenir. Pour cela, il est souhaitable dans un premier temps, de permettre aux individus d'en comprendre les enjeux et de poser des questions aux spécialistes.

Une culture scientifique, technique, si elle ne peut résoudre tous les problèmes peut déjà établir une distinction explicite à la fois entre les contraintes définies sur le plan technique et les valeurs mises en jeu dans la décision, et entre les finalités recherchées et les implications technologiques des décisions. Elle peut également créer un embryon de langage commun: elle peut permettre au spécialiste de comprendre la problématique du novice et i ce dernier de participer au jeu de la démarche hypothético-déductive. " Pour éclairer l'action, il faut une représentation des scénarios possibles, ou en autres termes, un îlot de rationaliste[9] adéquat. Sans de tels savoirs rationnels et discutables, les individus et les

8. à ce sujet nous voulons citer de nouveau le succès de " boutiques de sciences " aux Pays-Bas qui sur la seule ville d'Amsterdam ont traite pendant les dix premières années de fonctionnement plus de mille demandes.

9. Selon Fourez (1992), il paraît bon de distinguer la notion d'îlot de rationalité autres fécondes aussi en pédagogie des sciences, comme celles de niveaux de représentation ou de paliers d'intégration. Ces concepts se réfèrent à un discipline; ils reflètent les choix implicites lies à son paradigme (ou matrice disciplinaire). La notion d'îlot de rationalité se réfère à un contexte et à un projet particuliers face auxquels on trouve intéressant de se construire une représentation.

collectivités sont à la merci de l'émotivité pure ou des rumeurs déchaînées " (Fourez, 1992). Dans un second temps, elle peut conduire à contester au décideur le pouvoir exclusif d'imposer son point de vue au nom de la science. Dans tous les cas, la prise de décision suppose une discussion où les différents points de vue peuvent s'exprimer de façon objective, vérifiable et compréhensible: la discussion publique la plus large ne constitue-t-elle pas le fondement de la démocratie ?

*2.3 Intérêts pratiques*

Un certain nombre de savoirs et de savoir-faire sont également indispensables dans la vie quotidienne. La nutrition (Palomino, 1992), la sexualité (Roy, 1988; Desaulniers,1988; Durand, 1988; Frappier,1988), l'hygiène (Cave, 1983), le Sida (Debru et col., 1990; Dubois-Arber et col., 1988; Lehmann et col., 1988), le tabagisme (Eiser et col., 1987; Fineberg, 1988), l'alcoolisme (Pulkkinen et col., 1987), l'éducation à l'environnement (Gagliardi et col., 1988; Giordan, 1986), les agressions diverses du milieu extérieur. D'autre part, les questions d'usage et de maintenance des instruments domestiques, la gestion de l'énergie ou l'utilisation des produits ménagers, nécessitent surtout un pouvoir de réflexion critique et argumentée par quelques connaissances, pour sortir d'une situation de dépendance complète par rapport à l'industrie et à son cortège commercial.

Par ailleurs, des choix de mode de vie sont à décider à certains moments: un certain acquis culturel peut les favoriser à condition qu'ils permettent de traiter ces questions dans leurs diverses dimensions. Par exemple, une réflexion sur le rapport aux objets domestiques (télévision, automobile, appareils ménagers) aide à définir ces besoins réels et à promouvoir des décisions plus fondées pas seulement pour choisir parmi des produits, mais pour réfléchir en amont à leur utilité et aux impacts de leur usage. Développée collectivement, cette attitude pourrait même sélectionner l'innovation, en tout cas, elle limiterait la progression anarchique de produits industriels pas toujours fondés.

De même, des savoirs scientifiques et techniques peuvent aider à approcher de façon un tant soit peu rationnelle des situations problématiques (maladies, environnement). Ainsi, des recherches menées depuis dix

ans permettent de relier étroitement le succès thérapeutique à l'amélioration de la qualité des informations scientifiques et techniques données aux patients tant pour les maladies chroniques (Assal et col., 1984; Morisky et col., 1983; Assal et Lacroix, 1990), que pour des situations aigu's comme une intervention chirurgicale (Elsass, 1990).

Sur un plan général, ces savoirs scientifiques peuvent aider chaque individu à sélectionner les divers spécialistes potentiels et à se situer vis-à-vis d'eux. Par exemple, les pratiques médicales sont en évolution rapide et la généralisation de la protection sociale permet la surmédicalisation en même temps que les médecines parallèles concurrencent la médecine officielle. Toutefois, sans données suffisantes et sans moyens de les obtenir de façon simple, bien souvent, l'individu ne peut pas pratiquer une prévention efficace (Debru et col., 1990; Dubois-Arber et col., 1988; Frappier,1988), ni éviter les maladies professionnelles. D'autre part durant ces trente dernières années, les études qui attestent de l'influence des comportements adoptes par les praticiens lors de la consultation médicale ont été multipliées. Elles ont permis de préciser différents points concernant la relation médecin-malade, l'information aux patients, et enfin l'éducation des patients. Une revue rapide de la bibliographie nous permet de pointer quelques paramètres qui paraissent fondamentaux:

- plusieurs équipes ont mis en évidence que l'anxiété et l'insatisfaction des patients sont corrélées à une information médicale insuffisante ou donnée dans un langage peu clair (Samora et col., 1961; Cartwright, l967; Cartwright et Anderson, 1981),
- pourtant, une meilleure information améliore la satisfaction et la qualité des soins aux patients, réduit les erreurs de prise médicamenteuse ou de régime (Bartlett et col., 1984; Lassen, 1991). Faute d'un dialogue effectif avec son médecin traitant (Hargous; Girault, 1992), avec le spécialiste éventuel (Girault, 1993), le patient doit alors s'en remettre à un certain pouvoir médical (qui lui est extérieur) alors qu'il s'agit de sa santé (Rougeul, 1994).

D'autre part en matière d'environnement, les individus se sentent encore peu concernes par une meilleure gestion de celui-ci. Sur ce plan également, une prise de conscience, des savoirs, des sensations (Larose-Girault, 1993; 1994), des valeurs (De Vecchi, 1992) et des approches

spécifiques peuvent développer des comportements plus raisonnables, en matière d'utilisation des ressources naturelles (en particulier pour les économies d'énergie), de conséquences lointaines dues à l'action de l'homme (altérations du cadre de vie, pollutions, nuisances, aménagements...) (Gagliardi et col., 1988; Giordan, 1986; Girault; Dassin, 1991).

*2.4 Intérêts opératoires*

La société actuelle requiert chaque jour davantage, que ce soit sur le plan professionnel (en liaison avec le Point 2.1) ou sur les plans social ou personnel (Points 2.2 et 2.3), un ensemble d'attitudes et de démarches permanentes d'interrogation et d'élucidation des problèmes. Dans le même temps, elle demande également une approche critique des données et une recherche constante de solutions alternatives aux problèmes poses.

Une éducation scientifique et technique peut favoriser tout à la fois de telles approches rationnelles (clarifier une situation, poser des problèmes, élaborer des hypothèses, envisager des situations pour corroborer ces hypothèses) et peut contribuer à une maîtrise (classer, comparer, dégager des critères) de l'information verbale et surtout visuelle (L'image envahit les différents moments de la vie, or aucune préparation n'est actuellement prise en compte).

Enfin, une éducation scientifique et technique peut rendre possibles des approches globales et synthétiques (interactions entre facteurs, conditions optimales) ou de modélisations (niveau de structuration, champ de validité) et de simulation.[10]

*2.5 Intérêts méta-cognitifs*

Sur un autre plan, on peut penser que la crise actuelle est aussi une crise de Culture. L'homme vit aujourd'hui dans un monde en transformation constante ou les anciennes explications métaphysiques apparaissent

10. à ce sujet, se reporter au No. 8 d'Aster " Expérimenter, modéliser " INRP, Paris 1989. Voir également " Modèles et simulation " Actes JIES No. 9, Giordan A.,Martinand J.L. Ed., 1987.

caduques, tandis que les valeurs traditionnelles demandent à être resituées ou reformulées.

De plus, la classe politique et les experts technologiques sont fascines par les progrès techniques, un sentiment d'inquiétude se répand dans une large frange de la population qui se réfugie souvent vers des solutions hasardeuses, comme l'astrologie ou les diverses sectes.

Une éducation scientifique et technique peut permettre aux individus de s'orienter dans les dédales d'une société postindustrielle en mutation. Elle peut fournir des repères pour comprendre les évolutions en cours, leurs ressorts, leurs limites et même les inconvénients qui peuvent en découler. Elle peut permettre de replacer les savoirs actuels et les nouvelles pratiques par rapport à l'Histoire, d'anticiper les changements futurs, de réfléchir sur des ébauches de projets de civilisation qui intègrent ces nouveaux éléments.

Par ailleurs, les sciences abordent des questions fondamentales pour l'individu: L'origine de la matière, de la vie, l'évolution des espèces et de l'Homme. " Comment s'opposer au renouveau des créationistes, qui considèrent que la création selon la bible doit être prise au pied de la lettre et enseignée dans les écoles au même titre que la théorie darwinienne, car si l'on en croit les sondages, 44 % des Américains restent fidèles au créationisme biblique ?" (Gould cite dans Sorman, 1989). Une réelle éducation scientifique ne peut, pour s'opposer à ces croyances si souvent structurantes pour les individus, que leur fournir un certain nombre d'indicateurs pour les aider à se situer dans le temps ou l'espace (Allègre, 1992; Girault; De Cotret, 1993).

*2.6 Intérêts éthiques*

Sur un ensemble de niveaux individuels ou collectifs, les conduites humaines sont de moins en moins commandées par la nécessité mais peuvent être librement choisies (sexualité et procréation, maîtrise de l'hérédité, orientation du psychisme, conservation de la vie, etc.). Sur chaque point, deux positions extrêmes s'affrontent généralement: l'une consiste à penser " faire tout ce qui est techniquement possible, à

l'inverse, l'autre fait reposer les conduites sur des principes immuables, définis en dehors de tout acquis scientifique nouveau.

La première position est difficilement tenable, la deuxième est formelle car les principes dits universels ne sont pas admis par l'ensemble des groupes de la communauté nationale et reposent souvent sur une certaine conception de l'Homme ou sur des nécessites datées historiquement.

Une discussion publique est. la aussi, indispensable pour fonder un consensus politique. Une approche rationnelle peut aider à une clarification des implications et des enjeux des différents partenaires, à une distinction de ce qui est scientifique et de ce qui dépend des valeurs, elle peut permettre d'expliciter ces dernières et de comprendre les prises de position non partagées.

Une éducation scientifique et technique, si elle ne donne pas les réponses, peut au moins démasquer l'usage incorrect de données scientifiques, fait par certains. Par ailleurs, elle crée les conditions favorables à une formulation plus objective des problèmes, elle fournit des éléments pour enrichir les débats.

*2.7 Intérêts épistémologiques*

Les sciences, les techniques, les problèmes actuels souvent industriels sont avant tout, un défi passionnant. En tant que tels, ils ont un intérêt propre: connaître leur évolution, leurs questions, en fonction des préoccupations humaines, des cadres de références successifs, est très formateur, au même titre que l'histoire institutionnelle, économique ou artistique.

Ainsi, il faudrait, comme le souligne le rapport 36 du conseil des sciences du Canada, " que les élèves apprennent à évaluer les fondements de leurs connaissances scientifiques, et prennent conscience de la nature hypothétique des concepts de réalité et d'entendement humain. " Ces concepts ne peuvent être remis en question au sein de la collectivité scientifique. Quelques auteurs estiment qu'une aptitude des élèves à envisager les sciences de façon critique permettrait d'élargir les cours de

sciences du secondaire et de les articuler avec autres matières à enseigner[11] Aikenhead (1980), par exemple, considère que " les sciences sont un mode de connaissance ", Munby (1982) parle du " statut épistémologique de la connaissance scientifique " , Nade au et Des autels (1984) décrivent pour leur part " un concept valide de la science. "

Ainsi, une réflexion " sur le savoir savant ", actuellement très rarement envisagée, est. heuristique pour saisir évolution des problématiques, des raisonnements et des idées. Elle renseigne sur les mécanismes de production et de diffusion des savoirs, sur leurs conditions de validité. Par exemple, l'étude des fausses pistes, l'approche des connaissances, des formes de raisonnements aujourd'hui obsolètes sont très éclairantes en la matière.

Enfin, il s'agit de questions épistémologiques, souvent indispensables pour une véritable compréhension des notions ou des pratiques actuelles: de nombreux obstacles à l'apprentissage apparaissent en fait lies à des représentations fausses sur les conditions d'élaboration du savoir .

*2.8 Intérêts ludiques*

Enfin, une éducation scientifique et technique peut répondre à des besoins tout simples et immédiats, comme à une satisfaction individuelle de type ludique. Qui, d'entre nous, ne s'est jamais fait plaisir en découvrant le comportement d'un animal particulier, en observant un phénomène physique surprenant ou en recherchant la solution d'un problème ?

Apprendre, peut être tout à la fois une nécessité, une utilité et une source de plaisirs. Les sciences, les techniques, l'organisation industrielle (avec leurs caractéristiques propres) sont des domaines d'incitation à l'effort intellectuel, dans le même temps elles peuvent fournir un ensemble de satisfactions axées sur la connaissance en tant que telle.

11. Lire à ce sujet le numéro thématique de la revue Aster, No. 12. L'élève épistémologue. INRP, Paris, 224 p. 1991.

II s'agit la d'aspects aujourd'hui trop souvent oublies. Pourtant, ils ne devraient être en aucun cas négligés.

## 3. Ebauche d'objectifs scientifiques, fondateurs pour les années 2000

Nous ne pensons pas pouvoir avancer les finalités précises pour une éducation scientifique en vue des années 2000, en l'absence d'une large réflexion nationale ou internationale. Cependant afin d'enclencher cette dernière, nous proposons quelques axes de réflexion visant à dépasser le traditionnel programme de notions anecdotiques ou encyclopédiques.

Pour nous, " Savoir " dans la perspective des années 2000, ce pourrait être d'abord: clarifier les situations problématiques, rechercher les données nécessaires et mobiliser les savoirs acquis pour trouver des réponses possibles aux problèmes. " Savoir ", ce pourrait être alors: manipuler ou produire des modèles, combiner et intégrer des concepts appartenant à des disciplines différentes. Enfin, vu la nature des questions à aborder, cela pourrait se traduire par être acteur de sa propre formation, pouvoir se placer dans un processus de formation permanente (non limité à l'école, mais ou les divers médias auraient une place prépondérante) (Barrere et col., 1991 ; Bazile, 1991).
Pour préciser ces éléments et pour commencer à les rendre opérationnels, nous mettons en avant cinq ensembles de priorités pouvant fonder cette " Education Scientifique et Technique ":

- préalable pour une attitude scientifique; maîtrise de démarches d'investigation;
- développement d'une expérience " actuelle ";
- organisation du savoir autour de concepts structurants;
- permanence d'un savoir sur le savoir.

### *3.1 Préalable pour une attitude scientifique*

La construction d'une attitude scientifique nous apparaît toujours prioritaire, et cela des la plus jeune enfance (Host, 1977). Pour clarifier, nous regroupons sous ce terme un ensemble de composantes qualitatives qui vont de la curiosité, de l'envie de chercher à la prise de recul et à

l'esprit critique, de la confiance en soi, à l'imagination créatrice, de l'envie de communiquer à l'ouverture sur l'environnement.

Bien que les divers éléments qui composent cette finalité ne s'établissent de façon efficace que progressivement et en interrelation avec la maîtrise des démarches et l'élaboration des concepts, le développement de tels comportements est tout à la fois un facteur d'autonomie et le moteur de l'acquisition de ces éléments.

*3.2 Maîtrise de démarches d'investigation*

Une autre composante primordiale à développer pour rendre le savoir opératoire est la maîtrise de démarches d'investigation. Parmi celles-ci, nous mettons au premier plan la démarche expérimentale et la maîtrise de l'information.[12]

- La démarche expérimentale, d'abord, car elle introduit, surtout chez le non-initié, les idées de rechercher le savoir par soi-même, d'inventer des explications possibles et de les corroborer. Sur ce point, nous voulons insister sur la nécessité présente de mettre en oeuvre des investigations qui n'en restent pas à la démarche analytique classique, mais qui prennent en compte les interactions, les effets contradictoires ou les synergies.
- La maîtrise de l'information ensuite, car bien qu'elle fasse partie intégrante des démarches scientifiques bien menées, elle demande à être différenciée dans l'enseignement parce qu'elle prend une place prépondérante dans les mécanismes de fonctionnement des sociétés actuelles, notamment par sa composante visuelle.

Par ailleurs, il est également autres démarches à privilégier car trop peu sont prises en compte au sein des pratiques expérimentales habituelles. II s 'agit d'abord de l 'importance de clarifier les situations ou les phénomènes étudies pour formuler les questions à traiter. Tout savoir n'est qu'une tentative de réponse à une question qu'il s'agit de bien préciser: la pertinence de la réponse dépend et varie avec la question. Il s'agit ensuite

12. à ce sujet, se reporter au numéro thématique de la revue Aster, No. 8. Expérimenter, modéliser. INRP, 229 p. 1989.

des pratiques de modélisation et de simulation. Prenant une place plus grande, chaque jour, dans la recherche et dans l'innovation, elles présentent des caractéristiques propres très formatrices.[13] Il s'agit enfin des méthodes de communication et d'argumentation qui apparaissent comme des composantes présentes à tous les moments de la vie sociale. Il faut signaler que de telles investigations demandent à être mises en oeuvre très tôt par rapport à des situations complexes, celles qui n'admettent pas forcement de réponse ou une seule réponse. Elles doivent conduire l'apprenant, non pas vers la mémorisation de connaissances finies et encyclopédiques; au contraire, elles doivent sensibiliser ce dernier pour qu'il mobilise sans cesse le savoir optimum, c'est-à-dire le plus apte à rendre compte de la situation et de l'action.

### *3.3 Développement d'une expérience actuelle*

Nous regroupons sous ce terme deux aspects très différents au premier aperçu mais combien complémentaires. II s'agit d'une part de développer chez l'apprenant, une expérience - au sens premier - par rapport aux objets, aux phénomènes avec lesquels il est en contact; d'autre part, de lui permettre d'avoir une première approche des savoirs les plus actuels que propagent généralement les divers médias. Dans les deux cas, on peut le voir, il s'agit intégrer au mieux, et des le plus jeune âge (Ernct, 1993) l'individu à son milieu de vie, immédiat ou social, avec lequel il est nécessairement en interaction.

Un premier inventaire de ces savoirs et pratiques les plus importantes (ainsi que de leur niveau optimum de formulation) peut être envisage pour la scolarité obligatoire. Une approche " intelligente " des savoirs et des pratiques les plus actuels ne peut plus être éludée. En effet, si les savoirs les plus récents ne sont pas toujours les plus pertinents sur le plan de l'apprentissage, leur existence et leurs intérêts ne peuvent en aucun cas être passes sous silence.

13. à ce sujet, se reporter au numéro thématique de la revue Aster, No. 7. Modèles et modélisation. INRP, Paris, 210 p. 1988. Lire aussi: Giordan A. • Martinand J.L. Ed. Modèles et simulation. Actes JIES No. 9. Chamonix, 657 p. 1987.

Si l'on veut permettre à la grande majorité des individus de décoder les informations présentées obligatoirement par les mass media sur les dernières découvertes et les ultimes innovations technologiques, si l'on veut éviter un décalage trop grand entre les scientifiques, les ingénieurs et les citoyens (en particulier voir *Points* 2.2 et 2.6), une éducation scientifique et technique doit pouvoir fournir un certain nombre de repères.

Sur ce plan, il n'est certes pas possible de faire entrer d'emblée les apprenants dans le contenu lui-même, d'une approche malheureusement trop complexe. Toutefois, on peut envisager de suggérer des éléments, peut-être par le biais d'analogies ou de métaphores, propres à situer chaque savoir, de façon à lui donner une signification ainsi que les retombées possibles et les enjeux dans le développement de la société.[14]

II y à la toute une divulgation du savoir moderne à repenser qui peut avoir sa place à l'école en relation avec la vulgarisation externe. Elle doit d'ailleurs se prolonger sur les outils récents: ordinateur, baladeur, four à micro-ondes, chaîne hi-fi, magnétoscope, etc.

*3.4 Organisation du savoir autour de concepts structurants*

Ce champ mérite le maximum de réflexion car c'est l'aspect ou trop d'adhérences existent en la matière. De plus les expériences malheureuses de mathématiques modernes et de biologie moléculaire doivent nous inciter à une certaine prudence quand il s'agit de définir des cadres structurants. Pour sortir des impasses actuelles, il nous semble utile être le plus novateur. Pour cela, on peut mettre en avant plusieurs critères pouvant déboucher sur un cahier des charges. Premièrement, l'organisation du savoir à promouvoir, doit permettre de fédérer la masse des connais-

14. Fourez (1992) souligne que fréquemment des concepts (qui proviennent souvent d'ailleurs de comparaisons ou de métaphores) se sont durcis au point que nous croyons parfois qu'ils sont la seule bonne manière de parler du monde. à titre d'exemple, il prend le concept de force qui est ne d'une métaphore tellement féconde que nous arrivons à croire que les " forces ", existent comme telles, oubliant qu'il s'agit d'une manière de modéliser notre monde.

sances actuelles et en développement, afin que les individus ne soient perdus ou dépassés par ce flot continuellement renouvelé.

Ensuite, elle doit servir de cadre intégrateur, pour permettre à chaque niveau de la scolarité, l'enrichissement du savoir et sa reformulation (au fur et à mesure que des questions plus complexes sont abordées). Dans le même temps, elle doit prendre en compte le fait que la connaissance n'est ni accumulative, ni acquise directement, mais élaborée sur un temps souvent très long par reformulations successives.

Enfin, cette organisation doit avoir pour but de promouvoir le savoir en tant qu'outil. Elle doit conduire à apprendre à structurer les connaissances et à les gérer. Elle doit entraîner l'apprenant à se situer par rapport à elles, à connaître leurs domaines de validité ... et même à en produire !

Pour répondre à de telles contraintes, une liste d'une dizaine de concepts interdisciplinaires, constituant autant d'angles d'approche de la réalité peut être mise en avant pour discussion.

*3.5 Permanence d'un savoir sur le savoir*

Le savoir à peu de chance être fonctionnel s'il ne s'accompagne d'une réflexion épistémologique, comme nous l'indiquions au Point 2.7. Celle-ci en vérité doit être double: d'une part, elle doit porter sur les " ressorts " internes: comment s'élaborent et fonctionnent les divers savoirs, quelles sont les différences entre les types et en particulier entre les savoirs techniques et scientifiques. Une attention toute particulière peut porter sur la relation entre les faits et les théories, sur les réseaux de concepts, sur les logiques argumentatives et sur intérêt opératoire des modèles. D'autre part, des réflexions peuvent être suscitées sur les relations multiples entre sciences, techniques et société. Au passage, on peut signaler que ce niveau de finalité est sans doute le plus déficient au niveau de la formation des enseignants. à moyen terme, son implantation devrait toutefois établir des les plus petites classes, vu sa nécessité.

## 4. L'opérationnalité des finalités.

Sans doute, est-il souhaitable en conclusion, d'avancer encore une dernière piste: c'est celle de l'opérationnalité de l'ensemble. Supposons que ébauche d'objectifs scientifiques fondateurs ci-dessus mentionnes fasse l'unanimité et soit reprise comme produit de la discussion publique, le travail préparatoire n'est clos à ce moment-là, en aucune manière. Si l'on veut éviter qu'une telle ébauche de scénario ne subisse le même sort que la plupart des introductions de circulaires scolaires, elle doit alors entrer dans un processus de concrétisation qui a pour but de la rendre utilisable. Parmi tous les mécanismes à mettre alors en place, il faut déjà souligner qu'il est indispensable de préciser ce que chacun des points avancés recouvre (en particulier en ce qui concerne l es attitudes et les démarches) sous peine être éludes ou déformes pour revenir aux pratiques habituelles, d'une part. D'autre part, il est également primordial d'engager un processus de changement qui passe nécessairement par une formation des maîtres pour permettre à ces derniers d'y adhérer. Toute modification en profondeur de mentalité est un phénomène lent et progressif, en aucun cas, il ne se décrète ! Nous allons donc exposer dans le chapitre suivant un bilan des réflexions en cours dans la communauté scientifique à propos de la mise au point de programmes d'enseignement de sciences expérimentales.

# *Chapitre II*
# Réflexion sur les programmes d'enseignement des sciences expérimentales et de la technologie dans l'enseignement général[1]

" Si l'esprit humain ne peut appréhender l'ensemble énorme du savoir disciplinaire, alors il faut changer soit l'esprit humain soit le savoir disciplinaire." E. Morin, Introduction à la pensée complexe (1990).

## 1. Place de l'enseignement des sciences à l'école primaire[2]

### *1.1 Le contexte historique français*

Les années 1970-1980 constituent une époque charnière entre les anciennes " leçons de choses "[3] et les nouvelles activités dites " tiers temps pédagogique. "[4] Durant cette période de transition, trois paramètres

1. Le terme de sciences expérimentales est utilise ici de façon un peu abusive, car dans ce chapitre nous traiterons des sciences biologiques qui ne sont pas toujours expérimentales au sens ou elles pratiquent parfois l'observation et la modélisation.

2. Ce paragraphe est directement tire d'une étude effectuée en 1989 par Martinand J.L. sur les sciences à l'école primaire: point de vue historique.

3. "L'instruction primaire élémentaire comprend: les leçons de choses et les premières notions scientifiques. " Décret du 18.01.1887 (art. 27).

4. En 1969, de nouveaux horaires sont définis. Ils s'inscrivent dans le cadre des "disciplines d'éveil ": histoire et géographie, sciences et arts plastiques. Cet arrêté du 7.08.1969 sur le " tiers temps pédagogique" est une première rupture importante depuis 1882.

vont influencer considérablement évolution de l'enseignement des disciplines scientifiques:

- une réflexion épistémologique sur la connaissance et ses méthodes, largement inspirée parles travaux de Bachelard (1934, 1938) et Canguilhem (1965, 1977);
- la prise en compte des progrès sensibles dans la connaissance du développement de l'enfant (Piaget, 1947, 1950, 1968, 1977);
- les nouvelles fonctions et les exigences accrues liées aux phénomènes de classification qui sont organisés à l'école: fournir des bases pour les études longues et lutter contre échec scolaire. Se greffe sur ces problèmes une crise de la formation des maîtres. Finalement, on ne sait plus bien quoi enseigner. La leçon de choses disparaît de fait.

Les nouvelles options pédagogiques vont s'organiser autour de trois bases essentielles:

(A) Une conception " constructiviste ", qui s'oppose à une conception " inductiviste " en tenant compte des différentes étapes du développement cognitif de l'enfant. L'objet ne détient pas la vérité, et l'enfant ne peut donc arriver tout seul à la connaissance de l'objet. Dans cette optique, des activités de guidage sont donc nécessaires pour aider l'enfant dans ses apprentissages et favoriser son développement.

(B) Une différenciation des disciplines qui se produit tout au long de la scolarité à l'école primaire:

- au CP (6 ans): on acquiert des compétences en devenir sans les inscrire dans une discipline donnée;
- au CE (7-8 ans): on amorce des différences qui confèrent aux activités des caractères spécifiques, (processus méthodologiques, langages spécifiques, notions et concepts spécifiques, connaissances construites) et ce avec un souci constant de rigueur;
- CM (9-10 ans): les objectifs et les contenus prennent un caractère encore plus disciplinaire.

(C) Une intention rénovatrice marquée par une volonté d'ouverture à la réalité socio-économique et technologique, et par l'adoption de pédagogie nouvelle comme la pédagogie par objectif et la pédagogie de projet. On insiste dans ce nouveau cadre sur les attitudes et les démarches qui privilégient la créativité, l'autonomie, le travail d'équipe.

Ces instructions parues de 1977 à 1980 apparaissent en fait beaucoup plus comme un instrument de formation des maîtres que comme un code des obligations d'enseignement.

Du point de vue des activités scientifiques, les objectifs généraux définissent avec précision les grandes démarches d'investigation de la science: observer, expérimenter, mesurer et schématiser.[5] Les objectifs spécifiques s'appliquent à un ensemble de domaines d'investigations à étudier au cours de l'école élémentaire (fonctionnement du corps, modes d'alimentation, de locomotion), le tout ayant pour but de sensibiliser les élèves aux grandes fonctions biologiques et à l'analyse des relations entre les êtres vivants et leur milieu.

Enfin, la démarche pédagogique fait l'objet de propositions nouvelles et profondes attirant l'attention du maître sur les questions qu'il doit se poser[6]:

- Quel est le point de départ ?
- Comment transforme-t-on un point de départ en problème scientifique ?
- Quelles sont les activités que les élèves peuvent mener pour chercher des éléments de réponse au problème pose ?
- Comment élargir les réponses trouvées pour en faire des connaissances ?
- Quels types de traces l'élève doit-il conserver de son activité ?
- Quelle évaluation doit-on faire ?

Toutes ces questions sont très largement influencées par les travaux de recherche en didactique effectues dans les années 60.

5. Comme nous le préciserons dans le cadre du chapitre sur la formation des maîtres ces consignes qui semblent simples et pratiques soulèvent en fait des problèmes épistémologiques importants pour lesquels actuellement les enseignants ne sont pas le plus souvent formes.

6. Pour approfondir cette question et entrevoir des solutions, se reporter A: Giordan A. De Vecchi G. L'enseignement scientifique : comment faire pour que " ça marche ? " Z'Editions, 1987.

En 1991, Le Conseil national des Programmes (CNP) a rédigé une note de synthèse des travaux effectués tant sur l'analyse des anciens programmes que des directives pour les années à venir.7 Nous allons reprendre successivement les idées importantes proposées dans ce rapport.

- L'acquisition des connaissances scientifiques est certes importante, mais ce n'est pas la seule finalité d'un tel enseignement. Il faut aussi favoriser une démarche ancrée sur le concret et où L'enfant s'investisse.
- Cet aspect qualitatif est primordial à l'école et au collège ou il s'agit de faire émerger les capacités des élèves, et à ce titre le cadre disciplinaire doit être très souple...
- II faut apprendre à utiliser un savoir, le critiquer, l'enrichir. Dans cette optique, quelques remarques générales sont nécessaires: la différenciation des disciplines d'enseignement doit être progressive. Chaque discipline a en effet trop souvent tendance à se codifier pour délimiter son territoire, à se doter d'un langage et surtout d'un vocabulaire spécifique qui prend une importance démesurée. Il faut au contraire inlassablement rechercher le terrain où l'on peut oeuvrer en commun. à cet égard, les programmes actuels pâtissent de ce formalisme et sont souvent penses de façon telle qu'ils ne permettent pas de comprendre les interactions entre disciplines et favorisent le cloisonnement.
- Si l'on se place maintenant du point de vue des élèves, de nombreuses ruptures se rencontrent au cours de la scolarité comme le passage d'un établissement à un autre, les nouvelles structures de l'emploi du temps... Le Conseil national des Programmes souhaite donc que toutes les dis continuités ne se cumulent pas au même moment pour les mêmes élèves.

Ces positions de principe amènent le Conseil national des Programmes à distinguer quatre étapes dans l'approche des sciences expérimentales et de la technologie, dans la mesure ou l'enseignement de la technologie est directement lie à celui des sciences.

7. Déclaration du Conseil national des Programmes sur l'enseignement des sciences expérimentales, ministère de l'Education nationale, 13 novembre 1991.

- Jusqu'au CE1 - découverte de la nature et de la technique.
- Du CE2 à la cinquième - initiation scientifique et technologique
- De la quatrième à la seconde - sciences et technologie.[8]
- A partir de la première - maintien des champs disciplinaires classiques dans les sections à dominante scientifique.

Le but de ces propositions est donc établir un passage progressif d'un champ intérêt, que l'école doit prendre en compte, vers des disciplines reconnues que l'école doit enseigner.

*1.2 Principes directeurs pour l'école élémentaire*

L'appellation proposée précédemment " découverte de la nature et de la technique ", insiste sur la distance qu'il faut prendre avec les disciplines du lycée et de l'Université. Il s'agit avant tout de faire vivre pour les enfants des activités d'investigation et de réalisation. Il faut faire toute leur place aux opérations de fabrication, d'exploration, de reconnaissance, de dénomination, de représentation, en utilisant l'environnement naturel et technique accessible. Le Conseil national des Programmes souhaite que ces activités soient définies selon trois entrées:

- les thèmes et sujets d'étude;
- les objectifs et les critères d'évaluation;
- les compétences exigibles en fin de cycle.

Les thèmes et sujets d'étude sont esquisses dans les programmes . Les maîtres doivent les développer à partir des moyens disponibles.

Les objectifs et critères d'évaluation sont avant tout des outils pour aider les maîtres dans leur observation des élèves et dans l'organisation des activités. Pour rendre cette aide efficace, le plus utile est de préciser les obstacles à surmonter et les progrès à réaliser grâce aux activités proposées. Cette conception des objectifs, qui ne cherche pas à décrire toutes les compétences visées, évite l'émiettement d'objectifs lorsqu'ils sont simplement présentes sous forme de listes.

8. La technologie de 4eme et 3eme est examinée en détail dans les propositions du Conseil national des Programmes sur les collèges du 13.11.1991.

Les compétences considérées comme exigibles en fin de cycle doivent pouvoir effectivement être acquises par la grande majorité des élèves. Pour cela, elles doivent être précises, limitées en nombre, raisonnables dans leur ambition. Ce sont avant tout des savoirs et des savoir-faire sur lesquels on ne devrait plus avoir à revenir par la suite. L'enfant qui n'aurait pas assimile ces notions serait gêné dans les cycles suivants et se trouverait engage dans un processus d'accumulation de retards.

De manière générale, l'initiation scientifique et technologique au cours du cycle des approfondissements devrait permettre un certain nombre d'avancées qui seront poursuivies et complétées au cours du cycle d'Observation du Collège. Cette répartition des responsabilités, imposant une information réciproque, favorisera une meilleure liaison école-collège pour les sciences expérimentales.

## 2. Contenus des programmes pour les collèges et les lycées[9]

Le Conseil national des Programmes souhaite qu'au niveau du cycle d'observation (6eme et 5ème Initiation scientifique et technologique), L'initiation à la chimie soit rattachée à l'initiation biologique d'une part (2 heures), et d'autre part que l'initiation à la physique soit couplée à l'initiation technologique (2 heures). Par ailleurs, le CNP propose le développement progressif d'ateliers de pratique scientifique et technique en 6eme et 5eme. Au cycle d'orientation, les horaires prévoient 5h30 de sciences et technologie.[10] La technologie devient des la classe de quatrième une discipline autonome et ne saurait en aucun cas être confondue par exemple avec l'informatique. à ce sujet le CNP insiste sur la place centrale que joue, pour une orientation équilibrée, un enseignement de technologie pour tous, et franchement centre à ce niveau sur la

9. Les éléments de ce chapitre sont principalement issus de: Proposition du Conseil national des Programmes du 13.11.1991.

10. Proposition du CNP sur le collège. L'horaire actuel est de 5h30 en groupes allégés. La proposition du CNPprévoit aussi d'atteindre graduellement 5h en technologie en classe de 3eme.

réalisation. Des exemples importants de cette intégration entre sciences et technologie existent déjà au Québec depuis une trentaine d'années avec le développement des "expo-sciences. " C'est en effet en 1961, que se tenait la première exposition scientifique ouverte au monde scolaire de la région de Montréal. Depuis, ces projets se sont développes, et au début des années 1970 le Conseil du Loisir scientifique, se donnant comme mission de regrouper les diverses expo-sciences, organise chaque année l'expo-science pan-quebecoise. Jean Claude Caron, vice-président de l'Association des professeurs de sciences du Québec et responsable du dossier Expo-science précise: "Il appartient à tous les professeurs de sciences du Québec de prôner la participation de ses élèves, de les encourager, de les soutenir, de les guider dans la réalisation d'un travail de recherche. N'est-ce pas la structure rêvée comme élément de complémentarité à la prestation des cours et à l'expérimentation en laboratoire. (...) Si nous voulons que le milieu ne considère plus le professeur de sciences comme un simple transmetteur de connaissances arides et inutiles, lançons-nous dans cette grande aventure en présentant un ou plusieurs candidats lors des expo-sciences de notre région. C'est activité idéale pour le jeune de mettre à profit ses connaissances et de prouver qu'il a bien assimilé les principes de la méthode expérimentale, connue aussi sous le nom de méthode scientifique " (Caron, 1989). Un autre projet tout aussi intéressant se développe au Québec sous l 'impulsion de la Fédération des CEGEPS, il s'agit de l'opération " Science on tourne. " Le but en est simple: " contribuer à vulgariser les contenus scientifiques, et favoriser l'épanouissement de la culture scientifique dans les collèges et dans le grand public. " (...) le principe de ce concours: lancer aux concurrents un défi apparemment loufoque, mais tout à fait scientifique. (...) Le concours commence au mois de février, lorsque le défi est proposé à l'ensemble de la communauté collégiale (le défi change d'une année à l'autre). Les mordus de science et de bricolage seront alors invites, sous la conduite de leurs professeurs de sciences, à aiguiser leur imagination pour fabriquer une " machine " qui fonctionne évidemment, en faisant intervenir les phénomènes chimiques, biologiques et physiques dictes par les règlements et en sachant les expliquer. " (Richer, 1992).

La classe de seconde est " une charnière du système scolaire ", car c'est à ce niveau que se joue l'orientation vers les voies scientifiques et technologiques. Amorcée au cycle d'orientation, évolution des enseignements de physique et chimie vers les savoirs de base prend toute son

extension en première et terminale scientifiques. En vue de stimuler intérêt sur la physique et la chimie de seconde, le Conseil national des Programmes précise qu'il faut mettre l'accent sur des problèmes variés, attrayants ou significatifs, construire des applications que les élèves puissent mettre à l'épreuve de l'expérience. Le danger majeur n'est pas l'encyclopédisme, mais le caractère artificiel de contenus que les élèves trouvent trop souvent arides et insignifiants.

Au-delà de la seconde, les disciplines scientifiques et technologiques dans l'enseignement général ont des fonctions diverses qui impliquent des approches pédagogiques différentes et des méthodes d'évaluation adaptées. I1 n'est donc plus possible de prendre les contenus à partir de la voie la plus ambitieuse pour la discipline concernée. Il faut donc construire cas par cas la cohérence qui correspond à la voie.

- La biologie pose d'abord des problèmes très spécifiques. Comme le soulignait Langaney, en 1987, dans une note non publiée, " l'enseignement de la biologie, au collège et au Lycée doit sans sombrer dans le scientisme, développer l'esprit critique et l'exigence de rationalité, souligner les aspects historiques et provisoires de la connaissance scientifique, prévoir et traiter les obstacles didactiques majeurs dans notre société. " Dans les sections non scientifiques, sa place doit être importante car par exemple, la théorie de évolution est un élément de culture générale essentiel à notre époque. " Les principales religions et philosophies actuelles, ainsi que les sciences humaines font aujourd'hui constamment référence à la biologie comme connaissance préalable à leur réflexion sur la nature, L'origine et la destinée de l'Homme et de notre société. La connaissance de ses bases apparaît ainsi comme une nécessité à qui veut réfléchir aux problèmes de la morale et de la loi comme à ceux de l'organisation sociale, de la gestion de l'environnement et du progrès technique " (Langaney, 1987). D'autre part, la biologie étant une science en complète évolution actuellement, ce que doivent s'approprier les élèves, ce sont les notions majeures de la biologie et non une accumulation de

données. Cela implique de fait une limitation des sujets abordes et donc un choix rigoureux.[1]

• La place faite à la chimie est très insuffisante eu égard à son impact sur l'environnement, la vie quotidienne et les besoins de l'emploi. D'autre part, au lycée la chimie apparaît trop comme un appendice dévalorisé de la physique. C'est la raison pour laquelle le Conseil national des Programmes souhaite que ses relations avec la biologie et la technique soient clairement explicitées, tout comme son rôle dans les industries pharmaceutiques et les problèmes de l'environnement.

• Aucune formation scientifique ou technologique ne peut se passer de physique, aussi bien dans ses aspects théoriques qu'expérimentaux. Pour autant, la physique doit éviter l'écueil de l'impérialisme au lycée. Ainsi, le Conseil national des Programmes souhaite que la physique reste concrète et ouverte à l'observation et aux applications. En effet, il ne s'agit pas de former des futurs physiciens, mais de donner des éléments de base nécessaires à l'ensemble des sciences et des techniques.

• Enfin, au lycée, physique, chimie, biologie et géologie utilisent des compétences mathématiques. Seules une bonne prise en compte de ce que les élèves ont réellement appris les années précédentes, et une coordination entre les enseignants d'une même classe, peuvent éviter des incohérences dont les élèves sont finalement les victimes. Par ailleurs, il n'est pas exclu, bien au contraire, d'introduire des concepts mathématiques à partir des sciences expérimentales, mais cela doit être fait explicitement en liaison avec l'enseignement des mathématiques.

Nous avons à titre d'exemple, choisi de présenter le cadre de la France en rappelant les principales réflexions du Conseil national des Programmes sur l'enseignement des sciences expérimentales. Nous souhaitons, avant d'analyser ces propositions, souligner quelques aspects qui nous semblent fondamentaux dans la mise au point de nouveaux programmes de sciences. Par la suite, nous tenterons d'analyser les deux fortes tendances qui ressortent des diverses propositions du Conseil national des Programmes. La première consiste à promouvoir un passage

11. à titre d'exemple, se reporter pour l'étude du concept d'immunologie a: Calande G. et col. Plaisirs des sciences, " Didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage, L'immunologie: un prétexte. "De Boeck Ed. Collection Pédagogies en développement. Voir aussi Rumelhard G. " Le concept de système immunitaire. ", Revue Aster No. 10, 9-27, 1990.

progressif entre les années du primaire et celles du Lycée, et la deuxième souhaite induire le passage progressif d'un enseignement intègre vers un enseignement réellement disciplinaire. Enfin, nous soulèverons quelques contradictions qui semblent apparaître entre les buts avoués et les conditions d'application de certains programmes.

## 3. Quelques prémisses pour une réflexion sur les programmes scientifiques

Tout d'abord, à l'instar de Graham, et Souque (1984),[12] nous souhaitons affirmer très fort qu'ouvrir un débat sur le changement du programme d'étude des science s dans les établissements scolaires présente un caractère à la fois rationnel et politique. Contrairement à une idée répandue, on ne fixe pas les programmes en définissant a priori les objectifs (en se fondant d'abord sur de prétendues évaluations des besoins), puis en élaborant des stratégies d'enseignement comme moyen de mieux les atteindre (Graham, 1981). Ainsi, contrairement à Leithwood ( 1976), qui pense que la clé de la planification des programmes d'études consiste à commencer par une évaluation empirique et systématique de ce que les élèves devraient savoir, nous pensons d'une part, et de façon très claire, que personne ne peut prévoir l'avenir, et d'autre part que la société dans laquelle nous vivons présente une telle variété et évolution de ces besoins, qu'on pourrait tout à fait justifier de façon rationnelle des directives et orientations très différentes de programmes.

Ces prémisses se rattachent à un problème actuel très important:

- Les élèves rassembles dans une filière du secondaire par exemple occuperont des fonctions très diverses que les éducateurs ne connaissent pas. Ils doivent donc recevoir une formation de base leur ouvrant de larges possibilités qu'il faudra ensuite exploiter. à cet égard, il convient de souligner le dilemme: soit garantir une formation de base dont le but est d'assurer des potentialités non immédiatement exploitables (l 'élève n'est pas apte à exercer

12. Ces deux auteurs ont dirige. pour le Conseil des sciences du Canada, une très importante étude (198W1983) sur l'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. Nous reprendrons. dans ce paragraphe, plusieurs éléments de leur étude.

immédiatement une profession mais il a la possibilité de se préparer à plusieurs) soit proposer une formation professionnelle qui rende l'élève immédiatement apte à exercer une profession, mais une seule.

- Dans toute spécialité particulière, nous ne pouvons prévoir l'avenir, mais nous savons que les techniques vont continuer à évoluer rapidement et avec elles les structures industrielles, commerciales, économiques et sociales. Les cadres des entreprises auront l'obligation de s'adapter au cours de leurs carrières (par stages, formation continue).Il convient de ne pas entretenir d'illusion à ce sujet, L'adaptation sera possible pour celui qui aura reçu une formation de base assez large, mais très difficile, sinon impossible à celui qui ne connaîtrait qu'une technique très étroite.

"Une décision portant sur un programme d'étude représente donc bien plus qu'un choix rationnel d'y inscrire telle matière ou telle méthode, il représente en fait l'engagement d'agir d'une façon précise dans un contexte donné (défini par le temps et le lieu) " (Graham, 1981). Nous voudrions à ce sujet rappeler les déboires de l'honorable Franklin Bobbitt dans son programme de rénovation de l'enseignement scientifique aux Etats-Unis en 1920. " En tant que méthode ressemblant davantage à une enquête qu'a un débat, L'évaluation des besoins semble offrir une esquive en présence d'un désaccord; elle nous permettrait de découvrir les objectifs de l'enseignement au lieu de nous obliger à en décider. Franklin Bobbitt espérait aussi découvrir les objectifs de l'éducation, ce qui lui valut être à juste titre rabroue. à cette époque, aussi bien qu'a la notre, les débats sur les objectifs semblaient hasardeux, difficiles à diriger et susceptibles être entaches de politique. Il en est ainsi. La découverte des objectifs (ou des besoins qui les justifient) paraissaient systématiques, péremptoires et politiquement sans danger. C'était une illusion " (Berk, 1976). Ainsi, ceux qui défendent la recherche empirique comme moyen de déterminer les programmes d'étude présupposent qu 'il existe en réalité un consensus social sur les objectifs de l'enseignement des sciences et que le problème consiste à dévoiler ce consensus. Par contre, le point de vue de Graham (1981) est que " la société est tiraillée par des conflits de valeurs au sujet des objectifs de l'éducation et que le problème consiste

à *établir* un consensus."[13] Parler de conflits de valeurs suppose l'existence de groupes intérêts et, la recherche de consensus dans la société parmi différents groupes intérêts suppose un mécanisme de débat politique. " Si cette notion de débat politique dans le choix des programmes est peu citée, on peut noter la notion " d'ayant droit " (Stakeholder) proposée par (Connely- et col., 1980) pour définir le rôle de nombreuses personnes et groupes d'opinions qui souhaitent, à différents titres, influencer les décisions touchant les programmes.[14]

Ainsi, comme le souligne Graham (1981) " Si les individus qui sont à l'origine de nouveaux programmes, se contentent d'agir de façon rationnelle, sans tenir compte de l'influence de la nouvelle exigence sur les enseignants concernes, il est alors vraisemblable que la décision, si défendable soit-elle en théorie, déplaise et il est bien possible qu'on n'y donne pas suite.[15] Par contre, si le coordinateur agit de façon purement politique en ne tenant pas compte du bien-fondé essentiel de sa décision, il a négligé une responsabilité professionnelle, celle de rechercher des moyens améliorer le programme des sciences. "

Vouloir induire un changement de programme scientifique, nécessité également une clarification des objectifs selon le niveau d'enseignement d'une part, et le pourcentage d'élèves scolarisés à ces différents niveaux d'autre part. Il faut donc distinguer les aspects lies à la scolarité obligatoire, (le plus souvent il s'agit de l'école primaire), et la scolarité secondaire. Ainsi, pour Martinand*, la politique de mise en oeuvre d'enseignements scientifiques est fortement liée à de nombreux autres facteurs de politique générale d'éducation, qu'il convient donc de bien analyser: " Cela dépend de la longueur des études secondaires, de ce que fait la population et du pourcentage d'enfants scolarises. S'il y a 60 % des

13. E.R. House effectue cette distinction dans " Technology versus craft: à ten year perspective on innovation. " Journal of Curriculum Studies, Vol. 11, No. 1. 1979.

14. II nous semble qu'a cet égard, les préoccupations ressenties aujourd'hui dans de nombreux pays sur l'enseignement des sciences est certainement une résultante de la voix prépondérante des universitaires dans la définition de ces programmes.

15. Pour illustrer ce point de vue, Graham W.F. (1981) prend l'exemple d'un cours sur l'énergie avec comme ligne de force son à-propos social.

enfants en début du secondaire, comme par exemple au Maroc, ce n'est pas la même situation que le Congo Brazzaville ou de nombreux élèves ne finissent même pas l'école primaire. La scolarité obligatoire dans les pays en voie de développement, c'est essentiellement l'enseignement primaire qui arrêté entre 9 et 12 ans. Comment discuter uniquement de l'enseignement secondaire, qui est une scolarité rarement obligatoire, et en tous cas toujours limitée ? "

D'autre part, les questions que l'on se pose sont souvent en relation également avec autres paramètres concernant les politiques générales de développement. Pour Martinand*: " De nombreuses questions sont liées à l'état de l'enseignement supérieur, à l'utilisation qui est faite des compétences à la sortie de l'enseignement secondaire, à la politique d'emploi et de modernisation. On peut en effet avoir soit des objectifs de formation de type culturel, soit des objectifs plus liés à l'emploi (ils dépendent alors directement de la politique scientifique technique et économique), ou enfin des objectifs visant la compétence de citoyen. Dans les pays en voie de développement, ce qui est réellement prioritaire, c'est la relation à la politique scientifique, technique et économique. Or, comme personne ne peut garantir l'emploi actuellement, on ramène le plus souvent la réflexion sur des objectifs de type culturel et des objectifs de citoyenneté. Mais alors, le débat est ouvert, doit-on privilégier la technologie ? Ou au contraire, va-t-on plutôt du coté des sciences ? "

Cet aspect fondamental est souligne également par G. Rumelhard*: " Le plus souvent, un élève africain ne veut pas devenir ingénieur, parce que dans son pays, il n'y a pas d'économie, et il n'y a pas d'industrie. D'autre part, la majorité des étudiants africains ne s'orientent pas vers l'enseignement (les 5 ou 10 % de la population qui ont un niveau de formation supérieure ne font pas d'enseignement, car c'est un métier déconsidère). Alors le plus souvent ils font du droit et du commerce. "

Enfin, à l'instar de Janvier nous voulons souligner l'importance dans toute modification de programmes scolaires de la prise en charge à la fois

de la formation professionnelle des enseignants[16] et de la mise à disposition de moyens techniques et humains (déchargement de classes, séance de travail en équipe) pour permettre de traiter ces programmes. Tous ces éléments entraînent bien évidemment des dépenses supplémentaires et, encore une fois, il s'agit bien d'une volonté politique qui seule peut débloquer les budgets nécessaires à l'accomplissement des objectifs vises.

Après avoir fixe ces prémisses qui nous semblent fondamentales, nous allons tenter d'analyser les avantages et inconvénients de pratiquer un enseignement des sciences intègre ou disciplinaire.

## 4. Faut-il enseigner les sciences de façon intégrée, ou les disciplines séparément ?

Le plus souvent, notamment à l'école primaire, l'enseignement des sciences constitue encore pour les maîtres une source importante d'appréhension,[17] sinon une véritable hantise et de ce fait, de nombreux enseignants du primaire ne font que quelques très brèves incursions dans les disciplines scientifiques.[18] " Un enseignant de premier cycle, par

16. Janvier C. " Pour améliorer la qualité de l'enseignement des mathématiques au Québec, on a pensé dans les années 60, à changer les programmes. Ainsi sont nées les maths modernes. Les programmes ont été changes, ce fut tout de même un échec. Puis nous avons pense modifier les manuels; y ajouter plus de couleurs, des graphiques, des images attrayantes... et nous avons essuie un autre échec. Enfin, on s test dit qu'il fallait doter les classes de matériel manipulatoire pour les dynamiser. Rien n'y fit. Pourquoi ? Et ,ca c'est ce que j'ai toujours cru, c'est qu'il faut avant tout changer la formation des enseignants. " Roy N.; Janvier C. " Le didacticien globe-trotter. " Spectre No. 6, Vol. 21, 14-17.

17. Voir à ce sujet, une étude québécoise - Trempe P.L. " L'enseignement des sciences au quotidien: six études de cas au primaire et au secondaire; problématique méthodologie, interprétation et synthèse générale de l'information. " Vol. 1, Trois-Rivières . UQTR-MEQ, 1987.

18. En France, dans la réalité, L'enseignement de la biologie est très disparate et si certaines pratiques son t très novatrices , il faut bien reconnaître que le plus souvent les élèves ne reçoivent pas, dans les classes primaires, de réel enseignement de la biologie. Les élèves arrivent donc en secondaire avec des niveaux très différents et parfois très faibles.

exemple, disait " intégrer " les sciences au français, lorsqu'il questionnait momentanément les enfants sur les conditions nécessaires à la production de la glace, et cela au détour d'un exercice sur les mots se terminant par " on " au cours duquel s'était présente à l'improviste le mot glaçon. " (Trempe, 1988). La première question qui vient à l'esprit, et qui ne semble donc pas superflue, est: comment peut-on définir l'enseignement intégré ?

Selon Host*: " Cela signifie le plus souvent qu'un professeur enseigne deux disciplines sur lesquelles on a mis le même chapeau. Cela a comme premier avantage d'éviter à un enfant de 6eme (11 ans) d'avoir 10 professeurs différents. Si chacun n'enseignait que deux disciplines, ce serait déjà suffisamment délicat pour donner un minimum de cohérence à la formation intellectuelle des jeunes enfants. De plus, dans ce cas, les enseignants peuvent faire des essais d'intégration réelle, de la physique, de la chimie (Martin et col., 1990) et de la biologie, sans avoir des problèmes multiples d'organisation."

" Une deuxième façon de définir l'enseignement intégré consiste à aborder l'enseignement de façon thématique. Nous prendrons comme exemple l'énergie (Audigier, collectif énergie 1985). En effet, pour aborder correctement ce thème, il faut avoir des connaissances issues de plusieurs disciplines pour pouvoir intégrer réellement les divers apprentissages (notion de liquide, de gaz, de nappe phréatique), car dans le cas contraire, il n'y aura pas d'apprentissage scientifique puisque la pensée scientifique est un réseau semblable à une toile d'araignée. Mais cette intégration nécessite une formation spécifique qui justifie notamment un enseignement de didactique dans le cadre de la formation des maîtres car, contrairement à une idée trop souvent répandue, il ne suffit pas en effet de bien connaître les disciplines scientifiques universitaires et d'avoir un vernis de relations publiques pour tenir une classe et pour pouvoir enseigner. Il faut aussi être capable d'une transposition didactique, c'est-à-dire d'une adaptation des contenus de l'enseignement au niveau d'une classe déterminée, au niveau d'une certaine organisation de la matière, au niveau d'une certaine présentation des méthodes. On semble trop souvent l'oublier. " (Host*).

Ainsi, ne serait-il pas souhaitable, dans le cadre d'un enseignement intégré, de partir des connaissances de l'enfant, de ses propres préoccupations, en bref du particulier (déterminé par le contexte de la classe) pour

aller au général ? Dans un deuxième temps, il importera alors de confronter les idées des élèves avec des concepts plus abstraits, dont l'enseignement constitue en fait le principal défi pour l'enseignant. Cet aspect est partage par Astolfi*: " Les disciplines scientifiques ne sont pas des points de départ, elles ne doivent donc pas être posées d'emblée à l'école primaire, ou en 6eme. Le point de départ doit être assez global par exemple, à partir d'activités scientifiques qui ont leurs caractères propres et dont peuvent sortir des constructions de savoir. Progressivement, ces activités vont se spécifier comme des disciplines autonomes, au fur et à mesure que leur corps de concepts propres va s'élaborer. Une discipline, c'est donc quelque chose qui se définit de manière assez progressive, avec un premier basculement au début du collège, et peut-être même un deuxième au sein du collège. Malheureusement, les élèves ont assez peu l'expérience, lorsqu'ils quittent l 'école secondaire, d'un certain type de questions, d'une certaine manière de poser des problèmes, des méthodologies qu'on développe, pour essayer de trouver des réponses adaptées aux questions. C'est la raison pour laquelle je suis plutôt partisan d'un démarrage intégré, puis d'une spécification progressive, d'une individualisation de domaines, qui n'empêche pas bien au contraire un travail interdisciplinaire, d'un domaine à l'autre, et d'une réutilisation des concepts d'un domaine dans l'autre, entre la physique, la chimie, la biologie. "

Souchon* pour sa part aborde le problème différemment: " Je pense que c'est un faux problème. Il est certain qu'il faut perdre la sectorisation draconienne, qu'on vit notamment en France, mais la pratique des sciences intégrées qu'on a pu découvrir jusqu'à maintenant ne constitue-t-elle pas un leurre ? Dans les différentes sciences, il doit y avoir des passerelles qui tiennent compte de l'utilisation comme outils de certains aspects issus d'une autre discipline scientifique. Prenons, par exemple, le domaine de la chimie vis-à-vis des sciences naturelles: si on veut traiter de la photosynthèse, on ne dit rien de la façon dont on analyse les produits, et on dit peu de choses sur la façon dont on les repère - par chromatographie ou par identification du poids moléculaire. Dans cet exemple, on se rend compte que le cours de chimie est sous certains aspects trop spécialise (questions des liaisons, la représentation des niveaux d'électrons par exemple), et par ailleurs il y a des aspects non développes (ou si peu), comme la chimie des grosses molécules. Cependant, n'est-ce-pas bien plus

la forme de la molécule qui rentre en jeu pour former un site de réception à autre chose que la composition chimique ? "

Ne faudrait-il donc pas essayer de jumeler les deux approches; c'est-à-dire aborder à la fois les thèmes avec un maximum intégration possible et laisser une part pour ce qui est plus strictement disciplinaire ? Host* semble partager cette opinion dans la mesure ou l'on prend la précaution de privilégier, pour les élèves les plus jeunes, l'étude de thèmes qu'on n'est pas censé aborder, puisqu'il suffit à ces niveaux-là d'avoir des connaissances ponctuelles (par exemple ne pas connaître les constellations mais connaître les étoiles isolées qui donnent des repères).

Force est de constater, à cet égard, que les programmes actuels, surtout du secondaire, pâtissent d'un certain formalisme et qu'ils sont souvent penses de façon telle qu'ils ne permettent pas de comprendre les interactions entre disciplines et ils favorisent de ce fait les cloisonnements.[19] La situation n'est pas très différente dans les pays africains francophones. Il faut cependant souligner que la conférence organisée par l'UNESCO à Harare en 1982[20] a recommandé la généralisation, en Afrique de l'enseignement intégré des sciences et de la technologie dans le premier cycle du secondaire. Quelques articles de réflexion sur l'introduction de ce type d'enseignement (par exemple au Sénégal et au Zaïre, Sane, 1988; Sharn Buyi, 1989) ont souligne cet intérêt.[21]

Des conclusions similaires sur intégration des disciplines sont proposées par des chercheurs belges (Fourez, 1990) et québécois " Pour

19. Le rôle des programmes est bien d'indiquer par matières, le contenu et l'étendue dece qui devra être su en fin d'année. I1 faut laisser à l'enseignant un espace de liberté pédagogique pour lui permettre réellement de choisir l'ordre et la manière de présenter les éléments du programme.

20. Consulter numéro spécial 1983 sur la conférence d'Harare (Zimbabwe 28 juin au 3 juillet 1982) Educafrica.

21. Consulter les numéros suivants édites par Educafrica:
• No. 10 (juin 1984) sur l'enseignement des sciences et de la technologie en Afrique.
• No. 14 (juin 1988) sur les technologies éducatives.
• No. 15 (juin 1989) sur l'enseignement intégré des sciences en Afrique.

que la didactique puisse réintroduire l'environnement et l'élève dans le curriculum, il importe que les disciplines ne viennent pas imposer leurs frontières. Ce qui ne veut pas dire que les disciplines doivent perdre leur identité, mais bien qu'elles cessent être des entités fermées. Pour compléter un titre de Laborit, il faudrait parler de physicobiopsychosociologie dans l'étude des sciences biologiques. " (Larose, 1992).

## 5. Doit-on spécialiser l'enseignement des sciences au Lycée ?

I1 nous semble difficile de pouvoir répondre à cette question tant elle soulève un paradoxe, principalement à cause des effets pervers de la fonction de sélection de la filière scientifique et plus spécialement de la série " C " en France.

- " Je suis coincé entre le niveau des secondes de détermination et les exigences de mes collègues de Terminale C: que voulez-vous que je fasse ? " questionne Gilles Forhan, professeur de mathématiques en Première S.
- " Former à l'esprit scientifique, c'est du luxe pour le système scolaire français, ce qui est nécessaire, c'est de préparer au bac et ceci n'a rien à voir avec cela. " (Labe, 1985).

Combien d'autres exemples de ce type pourrions-nous citer ? Comme le souligne Levy-Leblond (1984) " I1 est inutile de s'appesantir sur les dommages engendres par la situation actuelle: la frustration des élèves, la faiblesse des étudiants, l'anxiété des parents, l'impuissance des maîtres sont trop évidents. " Cependant, la spécialisation est bénéfique dans le sens ou elle peut permettre de répondre à certaines motivations des élèves.

Pour sortir de cette ornière, nous devons analyser les causes de l'échec actuel en nous basant sur les principaux objectifs de l'enseignement scientifique. Nous reprendrons donc successivement ces objectifs en rapport à l'épanouissement de l'individu et par rapport aux besoins de la société.

### *5.1 Epanouissement de l'individu*

C'est en fin d'adolescence que l'individu ressent l'éveil de ses goûts et que se révèlent ses aptitudes qui lui permettent d'apporter une participation active à sa formation. D'une part, la formation intellectuelle reçue entre 16 et 25-30 ans sera déterminante pour le reste de sa vie, à condition qu'il ait acquis une véritable formation et non un simple survol superficiel de nombreuses questions. D'autre part, une personne formée dans une discipline pourra à tout âge élargir son champ de connaissances dans sa discipline. Elle pourra même de façon privilégiée acquérir ultérieurement des connaissances dans des domaines voisins ce qui lui facilitera sa future intégration et évolution professionnelle.

Enfin comment ne pas évoquer le respect de l'élève qui en France devient majeur à 18 ans. Cette décision qui a une réelle signification civique et administrative n'est-elle pas trop relayée en matière d'enseignement ? En effet, des filières lourdes, contraignantes, sélectives qui n'entraînent que le " bachotage " et le survol des questions abordées leur sont le plus souvent imposées . Quelles sont les réelles possibilités de choix qui sont offertes aux lycéens tant qu'au rythme scolaire, au travail personnel, aux choix des matières complémentaires ? Pour permettre ce choix, deux conditions sont nécessaires:

- proposer un ensemble de possibilités;
- informer aussi complètement que possible des conséquences du choix en termes de débouches, méthodes, programmes...

### 5.*2 Les besoins de la société*

Acquérir jeune une réelle compétence dans une spécialité (naturellement cet objectif ne sera pas atteint en terminale et nécessitera une poursuite des études dans le supérieur) pourrait augurer d'une brillante carrière scientifique, mais à quel prix ? Si l'orientation étroite choisie par un élève est à expérience jugée mauvaise, il lui sera difficile de reprendre une nouvelle voie. D'autre part, les activités de recherche pour être exploitées mettent en scène le plus souvent plusieurs disciplines et donc une formation scientifique large est nécessaire. En effet au cours de sa carrière, un scientifique (technicien, praticien, chercheur) à besoin régulièrement de compléter ou renouveler ses connaissances. Cette tache sera facilitée si sa formation scientifique a été étendue.

I1 apparaît donc, qu'en pratique pour ce qui concerne les classes de première et de terminale, les choix de spécialisation sont étroits (ils existent en option dans le nouveau programme en France et en Suisse). I1 convient enfin d'ajouter qu'un bon nombre de lycéens, en admettant qu'ils éprouvent un goût pour les sciences, n'ont pas choisi une orientation définitive. Pour les aider dans ce choix, il est bon qu'ils abordent chacune des grandes orientations scientifiques d'une manière plus approfondie qu'ils ne l'ont fait jusque-là, mettant en pratique des travaux de laboratoire.

Pour résoudre ce paradoxe, ne doit-on pas sortir de cette dichotomie: enseignement spécialise , ou section scientifique générale ? Pour répondre aux diverses remarques précédentes, et notamment celles précisant le rôle fondamental des savoirs " transversaux " dans la pratique scientifique actuelle, il semble fondamental de proposer une seule section pour l'enseignement scientifique dans les Lycées. Cependant il ne faut pas négliger l'importance de la motivation des élèves, et le rôle formateur de l'approfondissement d'un sujet. C'est la raison pour laquelle nous proposons une articulation entre un enseignement scientifique général (mathématiques, physique et biologie), et un enseignement personnalise qui permettrait aux élèves, sous la direction d'un professeur, d'effectuer un travail très pointu dans l'une des très nombreuses applications qu'offrent les sciences actuellement. Ainsi, un élève passionne par l'entomologie pourra effectuer un travail scientifique pointu sur ce thème. La reconnaissance réelle, au niveau de l'examen final, de ce travail devrait éviter également de "fermer " la porte à des élèves qui n'ont pas forcement un niveau en mathématiques très important.

Cette proposition, que nous pensons novatrice, pour rénover l'enseignement scientifique ne doit cependant pas masquer de réels problèmes. Comme le souligne Levy-Leblond (1984) " à chaque niveau, les contenus d'un enseignement doivent être déterminés en fonction de ceux, élèves ou étudiants, qui sortent de ce système éducatif à ce niveau (ou s'y diversifiant) et non de ceux qui y restent. II faut donc affirmer l'hétérogénéité et l'autonomie des différents niveaux. " Pour les Lycéens qui ont choisi une filière scientifique et qui vont par la suite effectuer des choix professionnels fort différents (ingénieurs, techniciens supérieurs chercheurs, médecins...).Il faut donc revoir la nature même de la

formation qui ne devrait en aucun cas être une préparation à la première année universitaire.

Enfin, la perspective du bac tel qu'il existe actuellement modifie totalement les pratiques d'apprentissage. L'élève au lieu d'apprendre des sciences, apprend à passer des examens sur des contenus scientifiques. I1 faut donc réellement privilégier une pratique scientifique en classe qui puisse permettre aux élèves acquérir des méthodes de raisonnement et de vérifier des hypothèses. I1 faut également développer les rapports sciences et techniques. " à quoi sert la biologie humaine si l'on ne sait pas pratiquer la respiration artificielle ou faire une injection intramusculaire ?(...) Une des fonctions essentielles du système éducatif est de permettre l'apprentissage de conduites indispensables à la vie sociale moderne, c'est une lapalissade " (Levy-Leblond, 1984). Enfin, il faut " considérer la science comme activité plutôt que résultat, comme production de connaissance plutôt que comme connaissance produite... C'est l'absence de tout tissu social dans la représentation scolaire de la science qui aboutit à en donner une image aussi pauvre et morte...Il faut donc que l'enseignement des sciences prenne toutes ses dimensions historique, épistémologique, économique et politique...Il ne s'agit pas; insistons-y, d'ajouter à l'enseignement scientifique des cours d'histoire, de philosophie, ou d'économie de la science, mais bien de transformer cet enseignement en y intégrant ces aspects " (Levy-Leblond, 1984).

## 6. L'enseignement de la technologie, problèmes et enjeux

Depuis quelques années, la technologie a acquis un nouveau sens. Définie naguère comme l'étude des techniques, des outils, des machines et des matériaux, elle signifie maintenant " l'ensemble des moyens utilises par l'homme pour produire les objets nécessaires à sa survie et son confort. "[22] Martinand*, pour sa part, souligne une confusion commune: " Avant de définir les disciplines techniques, il faut se méfier des dualités entre technologie, sciences appliquées, et sciences fondamentales. Les disciplines techniques c 'est typiquement ce que l 'on appelle les génies comme le génie mécanique qui s'occupe de la production. C'est donc

22. Cette définition est issue du Webster's New Collegiate Dictionary.

différent de l'agrégation de mécanique qui s'occupe essentiellement de la conception et c'est encore différent des recherches sur la mécanique des solides et des fluides; il ne s'agit donc pas exactement de la même orientation. Il y a en effet une pensée technologique qui ne regroupe pas simplement des savoir-faire techniques. "

*6.1 Quand et pourquoi doit-on enseigner la technologie ?*

La technologie n'étant pas une discipline traditionnelle, des activités portant ce nom ont été introduites de façon explicite depuis environ une trentaine d'années en France. Il n'y a de ce fait pas encore d'habitudes bien établies qui permettent d'en fixer les modalités, étendue, la portée et les méthodes. Pour étudier sa place actuellement, il nous semble utile de répondre préalablement à quelques questions.

Pourquoi a-t-on introduit des activités dites de technologie ?

• Le rôle de plus en plus prépondérant des nouvelles technologies dans le développement industriel est un facteur très important à prendre en compte. Il paraît de ce fait souhaitable de susciter des vocations de techniciens supérieurs pour permettre aux industries de bénéficier d'une main-d'oeuvre qualifiée. C'est dans ce cadre que de nombreuses recherches universitaires ont cherche à mettre en évidence les divers paramètres qui entraînent une très forte désaffection des filles pour les carrières scientifiques et technologiques. Comme le souligne Terlon (1990) " Ces recherches visent à analyser les causes du phénomène et à concevoir des stratégies permettant de modifier l'environnement (scolaire et extrascolaire) des jeunes le plus tôt possible, afin de permettre à tous un meilleur accès à la culture scientifique et technique, il s'agit de donner à chacun toutes ses chances de développement personnel et de permettre à la société de bénéficier des compétences ainsi développées. "23 Enseigner la technologie des le plus jeune âge, notamment pour créer ou maintenir l'intérêt des jeunes sur les études et la pratique des activités scientifiques semble donc être un premier objectif. Celui-ci peut également être un

23. Pour plus de renseignements à ce sujet, consulter le rapport de Terlon C." Les filles et la culture scientifique ", ATP842, 1985. Un résume des résultats est publie dans la Revue française de pédagogie, No. 72, 51-60, 1985.

objectif prioritaire dans les pays en voie de développement, mais, comme le souligne Martinand*, ce choix revêt un caractère purement politique: " Privilégier un enseignement de la technologie renvoie à des problèmes de politique scientifique, et de politique de développement. Que veut-on faire et avec qui ? Veut-on aboutir à un développement technologique limite, base sur le travail de quelques personnes sélectionnées ? Dans ce cas, il faut sélectionner les élèves sur les sciences, ,ca marche relativement bien, et ils rentrent dans la technique plus tard. Si on souhaite au contraire un développement plus équilibre, qui n'ignore pas les techniques du pays, qui essaye de mettre en relation les différents paramètres en jeu dans un esprit à la fois de culture générale, d'esprit civique et de vraie capacité pour comprendre les évolutions, alors il est préférable d'enseigner la technologie des l'école primaire. "

En France, le Conseil national des Programmes s'est engage clairement pour le développement de la technologie des l'école primaire. Madame Simonin (inspectrice générale de l'éducation nationale en France, précise dans une note adressée aux inspecteurs départementaux: " L'école élémentaire a le devoir intégrer à la formation, les fondements d'un apprentissage ou d'un savoir élabore notamment à partir de phénomènes naturels, de témoignages du monde technique (objets fabriques dans ou hors de l'école). Par une familiarisation avec le monde des objets et des systèmes techniques, par une sensibilisation à quelques applications de la science, il s'agit d'introduire à l'école une dimension essentielle de notre culture. L'enseignement des sciences et de la technologie vise essentiellement à (...) rendre progressivement, du CP (6 ans) au CM (9-10 ans) les élèves de l'école élémentaire désireux et capables de concevoir, organiser, réaliser un projet associe à un problème d'ordre technologique, en appliquant judicieusement des connaissances scientifiques, des méthodes et des techniques éprouvées ou en inventant des processus opératoires nouveaux. "

Cependant, s'il parait souhaitable de développer l'enseignement de la technologie des l'école primaire. I1 ne faudrait nullement le faire sous l'aspect d'une pseudo-intégration disciplinaire. En effet comme le souligne Astolfi*: " Si on veut réequilibrer les cursus pour tous, aux dépens des curriculums trop verbaux, ou exclusivement abstraits, je crois qu'il serait important de donner à l'éducation technologique toute sa place, et des le ler cycle. à mon sens la technologie, c'est pour tous. Je définirai

l'enseignement de la technologie comme l'étude du rapport à l'objet, une certaine approche (type de perception et de travail) sur un certain nombre d'objets lies à l'environnement sur lesquels on peut faire un certain type d'analyse et pour lesquels on peut construire un certain nombre de méthodes d'étude. "

L'enseignement technologique a été introduit dans l'enseignement général, en France, au premier cycle du secondaire après la mise en place des Collèges d'Enseignement Secondaire en 1963. à ce sujet, le général De Gaulle écrit dans ses mémoires: " I1 s'agit que l'enseignement qui (...) est donne (aux élèves), tout en développant comme naguère, leur raison et leur réflexion, réponde aux conditions de l'époque qui sont utilitaires, scientifiques et techniques. " Le mandat de la Commission nationale du Plan stipulait, en 1983[24]: à le 9eme plan abordera l'éducation et la formation du double point de vue de sa relation avec l'emploi et le progrès technique et de son rôle de préparation de la vie sociale. " En réponse, la commission affirmait: "La technique fait partie désormais, pour n'importe quel jeune, de la vie quotidienne. Un enseignement général qui ne donnerait pas de prise sur la vie à tous les jeunes ne mériterait pas son nom. "

C'est en 1985, à la suite des travaux de la Commission permanente de Réflexion sur l'Enseignement de la Technologie (COPRET) que cette discipline a été mise en place dans les collèges. Dans son second rapport, qui concerne la technologie dans les lycées d'enseignement général, cette Commission propose de situer " ses réflexions sur les enseignements dans une perspective très vaste, visant à accroître la sensibilité générale de tous à cette dimension de activité humaine qu'est la technologie. (...) S'agissant de l'enseignement, on doit retrouver, avec d'égales exigences de qualité, cette préoccupation à tous les niveaux, de l'école élémentaire à l'ensemble des formations supérieures. " Pourtant, en 1992, Martinand précise: " la technologie est contestée, (...) L'étude des techniques, comme fait matériel et humain majeur de notre milieu de vie actuel, n'est pas encore une composante fondamentale de toute éducation. "

24. Conditions scientifiques, techniques et culturelles du développement. Préparation du 9eme plan, document du Secrétariat d'Etat français au Plan, mars 1983.

### 6.2 *Peut-on tenter de définir ce que peut être un enseignement de la technologie ?*

Nous allons tout d'abord tenter de préciser quelles sont les aptitudes qui sont développées, et/ou nécessaires à la pratique de la technologie. La technologie se rattache à la réalisation d'objets devant remplir une fonction donnée et cela le plus efficacement possible. Lors de la conception, l'imagination spatiale et celle des mouvements semblent être des facteurs qui interviennent directement dans l'analyse opérationnelle, c'est-à-dire dans la capacité de se projeter dans les divers types d'utilisation des appareils réalises. Enfin, dans le cadre de la réalisation, il est indéniable qu'une habillée manuelle est importante. Certaines disciplines de l'enseignement général peuvent permettre de faciliter cette approche diversifiée. Ainsi, à titre d'exemple nous pourrions citer les cours de mécanique (branche de la physique) qui après avoir eu une place importante dans les programmes français ont été réduits par la reforme de Leon Berard de 1923. Le dessin géométrique (plan, élévation, transformation) à également été supprime des cours d'enseignement général.

Dans les faits, un enseignement de technologie élabore autour de techniques existantes avec lesquelles on fabrique des activités, qu'on fait découvrir par les élèves et sur lesquelles on réfléchit, pour les connaître, les comprendre, et pour réaliser un objet. Dans les lignes directrices pour le cours obligatoire d'invasion à la technologie pour les élèves de secondaire 3 (14 ans environ) le ministère de l'Education du Québec précise25: La leçon de technologie doit être centrée d'une façon ou d'une autre sur l'objet technique. L'étude de l'objet technique impose de savoir:

- Pourquoi il a été fabrique ?
- Comment il est fait ?
- Comment et pourquoi il fonctionne ?
- Comment peut-on le réaliser ?

Une étude technologique comporte par conséquent deux aspects:

25 . Ministère de l'Education du Québec, Direction générale du développement pédagogique, Programmes d'études secondaires, Initiation à la technologie, Québec, 1985.

- Un aspect intellectuel: le stade de la conception fait appel à la logique, à des attitudes de créativité et aussi à des connaissances technologiques, scientifiques et mathématiques...
- Un aspect pratique: le stade de la réalisation de l'objet fait appel à l'imagination, à l'esprit d'initiative, tout en développant des habiletés manuelles, la perceptivité des formes et des détails, de même que le sens de l'organisation. Ainsi, la leçon de technologie est à la fois un savoir, et un savoir-faire.

A titre d'information on peut noter les cinq thèmes que le ministère de l'Education du Québec préconise dans le cadre de cet enseignement: la technologie dans la vie quotidienne, la technologie et le bâtiment, la technologie et la mécanique, la technologie et l'électricité, et enfin, la technologie et le monde du travail.

En France, le Conseil national des Programmes souhaite qu'un équilibre raisonnable soit trouve dans les choix des domaines de relaxation privilégiés: fabrication mécanique, construction électronique, mais aussi production de service ou agro-alimentaire. Il souligne que la discipline enseignée, c'est la technologie et non un mélange d'économie et de gestion, de génie électrique et de génie mécanique. I1 rappelle par contre que les préoccupations sur le travail et son organisation, sur les besoins et leur satisfaction, sont constitutives de la technologie.

Cependant, comment, compte tenu des continuités et des ruptures de l'école, peut-on construire un contenu, ou des ensembles qui doivent aboutir à constituer une discipline d'enseignement secondaire ? à ce sujet, Maranand* pense: " qu'il faut choisir un certain nombre de domaines d'activités techniques, économico-techniques, qui servent de références. Dans l'enseignement de la technologie, on propose des activites dans une logique de réalisation et, éventuellement d'appropriation, sur des domaines clairement spécifies. I1 s'agit donc de construire, de choisir un certain nombre de champs sur lesquels on a un point de vue technologique, c'est-à-dire un type de questionnement qui oriente toute la démarche. Celui-ci repose principalement sur l'objet technique: l'objet comme structure (analyse structurale), l'objet comme ensemble de fonctions (analyse fonctionnelle), l 'objet comme détournement de phénomènes naturels pour une finalité d'utilisation (fonctionnement), l'objet comme produit (traces

d'une organisation productrice), l'objet comme marchandise (dans des marches ou il y a des échanges), enfin l'objet comme trace de civilisation ou activités des hommes. La technologie résulte donc de l'adaptation mutuelle entre des domaines et des objets ou des systèmes qui nous intéressent et un type de questionnement dont on voit qu'il est construit sur un certain nombre de concepts relativement propres. Il s'agit donc vraiment de la construction d'un contenu, avec comme problème pour l'école toutes les continuités et les ruptures, des échelles, des niveaux, des extensions des domaines. "

### 6.3 *Peut-on tenter de fixer les frontières entre sciences et technologie ?*

La COPRET[26] pour sa part, constate que la technologie intégré des savoirs spécifiques puises dans les disciplines les plus variées (...), mais pour autant, la démarche technique ne se réduit pas à la somme de ses composantes scientifiques. (...) Par conséquent, il ne saurait être question de considérer les activités techniques ou technologiques comme de seules applications des sciences et savoirs spécifiques. Host* se réfère lui aux travaux du CNP: " Je suis tout à fait d'accord avec le Conseil national des Programmes quand il stipule que la technologie et les sciences sont des choses différentes. Elles ont cependant entre elles des relations nécessaires, la technologie sert les sciences et les sciences servent la technologie. La technologie sert les sciences parce qu'elle fournit des problèmes qui pour les résoudre recensent l'application de connaissances scientifiques. Ces problèmes peuvent être le point de départ d'un apprentissage scientifique ou un point de réinvestissement. En effet, on n'apprend pas une notion aussi complexe que la température ou la masse en une fois. Souvent les élèves l'oublient, et c'est à l'occasion d'une application qu'ils prendront conscience qu'ils n'ont pas compris. I1 faut donc des réinvestissements successifs pour retenir un concept, et à plus forte raison pour borner son énonce (par exemple pour borner la respiration pulmonaire à certains groupes d'animaux). C'est cette démarche qu'on fait si peu et c'est la raison pour laquelle nous restons prisonniers de nos représentations, et que les enfants reviennent aux représentations initiales. Inversement les sciences servent la technologie

26. Technologies: textes de références. Rapport COPRET 1 et 2. CIEP, Paris, 1992.

parce qu'elles développent les maîtrises mêmes matérielles, motrices et intellectuelles, qui seront utilisées dans la technologie de demain. Quand on pense à " la préparation au métier " ne pensons-nous pas trop souvent que les métiers de demain seront identiques à ceux d'aujourd'hui ? Or les techniques changent prodigieusement. Si on veut former de bons scientifiques, il ne faut pas rester dans le domaine du laboratoire pur, mais voir d'où viennent les problèmes scientifiques et à quoi ils servent. à condition de dire d'abord que sciences et technologie ce n'est pas la même chose il est très important d'étudier les procédures d'interactions entre les deux disciplines. Au premier cycle en particulier, la technologie peut fournir des situations (c'est rarement le cas dans le second cycle), il y a donc intérêt à avoir un même professeur pour les deux ou en tous cas une équipe de professeurs en liaison, tandis que dans le second cycle, ce qui est fondamental, c'est pouvoir retrouver les problèmes concrets du milieu professionnel, de s'ouvrir, de parler avec des spécialistes du milieu. "

Comme nous allons le préciser dans les lignes qui suivent, les enjeux et les fondements de l'éducation scientifique et technique rejoignent pleinement ceux de l'éducation relative à l'environnement.

## 7. Les enjeux et les fondements de l'éducation relatifs à l'environnement

La transformation scientifique et industrielle de nos sociétés n'a pas seulement abouti à une complexité et une multiplicité de savoir de plus en plus en décalage avec une inculture scientifique massive. Elle a conduit à une certaine remise en cause du progrès scientifique. L'image de la science n'est plus seulement neutre, indépendante, bienfaitrice; elle est aussi irresponsable, politisée, dangereuse (Einstein, 1991). Catastrophes industrielles, accidents nucléaires, explosion des mégaphones, etc. ont progressivement conforte cette tendance. L'image positiviste de la science et des scientifiques s'est dégradée. L'attente et les besoins en matière d'éducation scientifique s'est ainsi élargie au coeur d'enjeux et de questionnements complexes et en pleine mutation.

Dans le domaine de l'environnement, la sensibilité écologique a subi la même transformation. Apparue aux Etats-Unis, à la période des pionniers et des défrichements, elle s'était exprimée d'abord dans le

mouvement dit de " conservationisme "; il s'agissait alors de préserver les ressources naturelles, notamment par la délimitation d'espaces vierges et protèges, c'est-à-dire des " sanctuaires " en parallèle et sans opposition à l'avancée des pionniers, symbole d'un progrès en marche, garant d'un ordre supérieur (Davallon; Grandmont; Schiele, 1992).

Plus tard, l'émergence de la société industrielle génère, notamment dans les centres urbains et industriels, un nouveau mouvement, L'environnementalisme, qui place la pollution au centre de la question environnementale. Cette tendance se distingue du conservationisme par quatre points: elle est politique et idéologique; elle est anti-technologique; elle questionne le modèle de développement économique associe au consumérisme; elle est moins concernée par la nature sauvage en soi, éloignée des centres urbains que par le fait qu'elle fait partie intégrante de la biosphère.

Ainsi le progrès intimement base sur un prélèvement des ressources a change de statut; de positif car à l'origine de la culture matérielle (industrie, art, ...) et de l'ordre social (égalité des droits par opposition aux inégalités naturelles), il devient négatif car associe à une destruction (Davallon; Grandmont; Schiele, 1992).

Ce mouvement, même s'il est radical, influence fortement la définition actuelle de l'environnement et la représentation de la relation homme-nature. I1 s'exprime dans un nouveau sens commun d'un dessin collectif incertain, d'un sentiment d'urgence et d'un certain désenchantement (des représentations la encore en confluence avec les nouvelles sensibilités vis-à-vis de la science au sens large, de l'économie, de la politique, ...).

En matière d'éducation, cet historique et ce positionnement déterminent l'objet même de l'éducation relative à l'environnement (notée ERE): une notion large et globale de l'environnement situe entre *l'objet de science pure* (objet de recherche scientifique donc d'un savoir, par exemple, l'écologie comme science des écosystèmes...) et *l'objet anthropologique* (l'environnement au centre des enjeux sociaux économiques, politiques, médiatiques et symboliques est aussi un être social complexe soumis à tensions et pressions) (Davallon; Grandmont; Schiele, 1992).

Ce préambule a son importance. I1 permet de comprendre et de relever la particularité de l'éducation relative à l'environnement (ERE): une éducation à la responsabilité, à l'écocitoyenneté selon l'axe " prise de conscience - réflexion - implication - action. "

Même si différentes variations existent autour de cette définition, elle est admise par l'ensemble des acteurs éducatifs nationaux et internationaux qui s'alignent, ainsi, sur les déclarations de la Conférence de l'UNESCO-PNUE à Tbilissi en 1977: " L'ERE a pour objectif de favoriser une prise de conscience de l'interdépendance économique, politique et écologique du monde moderne, de façon à stimuler le sens de la responsabilité et de la solidarité entre les nations. Ceci constitue un préalable indispensable pour que les problèmes d'environnement qui se posent sur le plan mondial puissent être résolus. "

Ceci influe, d'une façon précise, sur les caractéristiques éducatives de 1ERE et sur ses modalités d'expression dans le monde scolaire. Ainsi, ses objectifs particuliers se réfèrent à la fois à une perspective typiquement éducationnelle et à une perspective environnementaliste entre lesquelles vont s'échelonner toute une gamme de pratiques. Comme l'analyse Lucie Sauve (1991), la perspective éducationnelle se situe de façons différentes:

- L'ERE peut être partie intégrante d'une éducation totale; la personne se développe par interactions, et l'environnement est un pole de relations qui stimulent son développement harmonieux. Elle se focalise sur l'environne et les processus pédagogiques. L'éthique y est anthropocentrique. I1 s'agit de l'éducation par, dans, et à l'environnement.
- à l'autre extrémité de l'échelle, la perspective environnementaliste se réfère aux besoins lies à la survie, aux menaces sur les ressources vitales de la planète; elle propose une éducation, outil de gestion de l'environnement, contribuant à endiguer l'impact de ce facteur écologique désormais dominant sur cette planète: l'homme. L'ERE est un facteur de symbiose entre l'homme et la biosphère. L'éthique y est holistique. Il s'agit de l'éducation pour l'environnement.

Notons que certains auteurs (Rapport Bouchard, 1993) dégagent les processus d'apprentissage novateurs de ces deux approches et parlent d'un troisième axe: la perspective pédagogique.

De fait, ces tendances sont fondamentalement complémentaires mais les caractéristiques des acteurs de l'éducation à l'environnement (type d'institution, discipline d'origine de l'enseignant, etc.) et le degré de sensibilité écologique nationale ont pu conduire à voir privilégier certains aspects selon la localisation des projets. Dans les pays de sensibilité environnementale récente, comme la France ou la Belgique par exemple, ces approches ont été longtemps mises en opposition suivant la formation des acteurs ou les contextes d'éducation. Cela explique que certaines activités d'ERE puissent se limiter soit à une approche très scientifique de type étude du milieu sans prise en compte de la globalité de l'apprenant, soit à l'inverse à une approche très psychologique de type sensorielle sans contenus cognitifs ou objectifs de gestion de l'environnement. Par contre les pays qui ont intégré depuis longtemps une conscience environnementale, comme le Québec, développe, de façon intégrée et évidente, les deux perspectives.

Actuellement, l'évolution de la société mondiale autour d'un mode de pensée globale, L'expansion d'une sensibilité écologique dans les différents pays, la multiplication d'actions d'éducation en partenariat rapprochent considérablement et rapidement les acteurs de chaque perspective . Les différents objectifs et démarches sont de plus en plus perçus non en termes d'opposition mais comme des propositions complémentaires et synergiques.

Le consensus autour d'une telle définition de l'ERE introduit une série d'objectifs très spécifiques. Les objectifs retenus notamment par L'UNESCO en 1975 à Belgrade s'énumèrent de la façon suivante: Prise de conscience - Acquisition de connaissances - Acquisition d'attitudes en faveur d'une meilleure gestion de l'environnement et de ses ressources - Prise en compte des valeurs - Acquisition de compétences - Capacité d'évaluation - Participation/action.

La notion " d'environnement " telle que définie précédemment a également des conséquences didactiques importantes. En effet, un tel champ est par essence complexe, exponentiel, multifactoriel. Il conduit

de façon obligatoire à inscrire l'ERE dans une approche systémique (Giordan; Souchon, 1992). En effet, cette approche permet par essence d'aborder l'infiniment complexe en s'appuyant sur la notion de système. Le système correspond ici à un ensemble d'éléments pressentant entre eux suffisamment d'interrelations pour former un tout relativement cohérent et homogène, susceptible être sépare d'autres systèmes voisins. Elle met en jeu deux opérations essentielles au sein de l'espace d'étude: l'identification des composants et l'établissement du jeu de relations (De Rosnay, 1977).

Globalement, une éducation ainsi définie implique nécessairement plusieurs conditions (Sauve, 1991): pluridisciplinarité, approche holistique et systémique, implication active de l'apprenant, démarche de résolution de problèmes, approche expérentielle, ouverture sur le milieu, exploration de la réalité immédiate, pédagogie de terrain, pédagogie de projet, mise en oeuvre de coopération.

Cette optique permet d'identifier un espace d'étude particulier, de s'intéresser à son fonctionnement et de mettre en évidence sa dynamique tout en intégrant les approches classiques disciplinaires. I1 exclut de fait toute approche monodisciplinaire bâtie comme une suite de leçons classiques.

La question du mode intégration de l'ERE dans le système éducatif fait l'objet de nombreux débats, les principales difficultés se situant au niveau de sa spécificité pluridisciplinaire et systémique. La structure, le fonctionnement même des institutions scolaires inciteraient à vouloir créer une discipline nouvelle. Néanmoins, la plupart des institutions nationales et internationales s'entendent pour considérer que l'ERE ne peut et ne doit pas être une nouvelle discipline mais intégrer dans l'ensemble des disciplines scolaires. " L'ERE ne doit pas être considérée comme une nouvelle discipline devant s'ajouter aux matières déjà existantes " (Déclaration de la Conférence de l'UNESCO à Tbilissi en 1977).

" Loin de s'enfermer dans une seule discipline, L'ERE doit imprégner l'enseignement dans son ensemble. Toutes les disciplines doivent lui apporter son concours et elle pourra notamment être conduite sous la forme de projets d'études pluridisciplinaires " (Charte constitutive de

l'éducation à l'environnement, ministère de l'Education nationale, France - Circulaire du 29 août 1977).

Par contre, certains pays (Suisse, Suède) intègrent éducation à l'environnement dans une discipline qui regroupe la biologie et l'histoire géographie tant dans l'enseignement de base que le secondaire. Le rapport suisse de 1988 sur les plans nationaux et cantonaux d'éducation propose un enseignement des sciences naturelles rénove et intégré en dénonçant l'enseignement par discipline comme un obstacle pour L'ERE. D'un point de vue positif, il a été constate que le système de sciences intégrées favorisait l'émergence de projets d'éducation à l'environnement dans les premiers années du secondaire. D'un point de vue négatif, on peut constater que cette organisation aboutit surtout à des interventions de type " étude du milieu. "

Une majorité d'acteurs de L'ERE (chercheurs, enseignants, institutionnels) s'accordent pour dénoncer le danger de créer une approche transdisciplinaire trop codifiée et spécialisée qui détruirait à coup sûr les possibilités d'ouverture sur la vie (Giordan; Souchon, 1992). En France, certains soulignent les difficultés de formation d'un superspécialiste ou le danger d'émiettement du savoir génère par l'ajout d'une discipline supplémentaire (Roquefere, 1990). Au Québec, d'autres partent du fait que le milieu scolaire vit actuellement une réelle surcharge en regard des multiples demandes de la société en même temps qu'une réduction de ses moyens. L'ERE ne doit pas s'ajouter à l'école mais intégrer et stimuler de l'intérieur les changements souhaites (Rapport Bouchard, 1993).

Les propositions concernent une adaptation de certaines disciplines déjà parfaitement aptes à promouvoir L'ERE (biologie, sciences humaines et sociales, art, ...) et l'utilisation des disciplines dites fondamentales pour l'expression (français, mathématiques et langues vivantes) (Giordan, 1992); dans la même logique, l'accent est souvent mis sur l'importance de ne pas se polariser sur les disciplines classiques d'ERE (biologie par exemple) mais de s'ouvrir aux disciplines qui prennent en compte les aspects psychologiques (attitudes, motivation), les aspects sociologiques, politiques, économiques, éthiques des problèmes d'environnement (UNESCO-Souchon, 1983). Par contre, le réfèrent à une ERE par trop morcelée dans chaque discipline est lui aussi dénonce comme dangereux dans la mesure ou il peut contribuer à renforcer le cloisonnement; la

notion de champ disciplinaire ou de domaine (a partir de énonce de thèmes transversaux et globaux) est un axe de coopération préférable (Propositions du groupe de travail interministériel " environnement éducation nationale " France, 1990).

Ce choix transdisciplinaire nécessite de nombreux accompagnements, notamment une formation et une sensibilisation des enseignants et une réelle action contre les corporatisme disciplinaires. Il suppose une progression dans les programmes de la maternelle à l'université dans la complexité des situations et des niveaux d'approche, dans le degré de compréhension, de formulation et de maîtrise des notions. Il nécessite la mise en place de plate-forme de travail institutionnalisée, par exemple l 'intégration d'un enseignement modulaire transversal avec un volume d'heures suffisant (Propositions du groupe de travail interministériel " environement-éducation nationale " France, 1990).

La pluridisciplinarité structurelle d'une thématique environnementale nécessite donc de juxtaposer l'apport de chaque discipline et de pratiquer une démarche véritablement interdisciplinaire. L'ERE ne peut alors s'exprimer que dans le cadre de projet pédagogique global. Les institutions scolaires basées sur une structure de disciplines bien cloisonnées essaient de s'adapter à ce type d'approche en proposant des structures de travail transdisciplinaire basées sur le principe de projet et sur des thématiques globales.

En France, l'éducation nationale propose par exemple, depuis 1985 des " sujets d'étude " à l'école élémentaire; au collège, il s'agit des " thèmes transversaux " pris en compte par chaque professeur dans le cadre de son enseignement disciplinaire après concertation avec l'ensemble de ses collègues. Au collège et au Lycée, des projets d'actions éducatives (PAE) permettent, depuis 1981, de faire pratiquer des activités pluridisciplinaires en liaison avec la communauté éducative élargie avec le soutien d'intervenants extérieurs, de " classes de découverte ", structures privilégiées pour la pratique de l'ERE (depuis 1982). Le Conseil national des Programmes français a fait la demande d'une dotation spécifique d'une quinzaine d 'heures pour chaque classe pour la réalisation d'un projet d'environnement dans le secondaire (Déclaration du CNP sur l'éducation à l'environnement du 26 mai 92).

Depuis une vingtaine d'années, les états se mobilisent en faveur de L'ERE: plans nationaux pour l'environnement (Plan vert en France; Plan environnement au Canada; White paper au Royaume-Uni), implication concertée de nombreux ministères (Espagne; France; Québec; Pays-Bas, Allemagne), recherche d'une approche intégrée dans les programmes (Espagne, 1989; Belgique, 1991; Portugal et France: reformes en cours, ...).

De nombreuses initiatives sont prises; " contrat Biodiversité ": projet d'actions concrètes pour le maintien de la biodiversité en jumelage " école-commune " en Belgique; programmes régionaux mobilisant toutes les écoles sur l'environnement urbain et rural en Catalogne; " Rivière cordon bleu ": projet multipartenarial et transfrontalier en Belgique; " Ensemble récupérons notre planète ": coopération " privés-état enseignants " pour la conception et la diffusion d'un ensemble pédagogique au Québec; " Mille défis pour ma planète ": projet d'actions concrètes pour l'environnement sur le principe " école-parrainages publics et prives " en France, etc.

Dans la réalité, L'ERE demeure néanmoins une activité marginale. Les principales déclarations politiques mettent d'ailleurs, l'accent sur la nécessite d'institutionnalisation de L'ERE. La Commission des communautés européennes déclare qu'il faut " engager un nouveau processus qui permette, à terme, de passer du volontariat à l'obligation, du projet pilote à la généralisation de L'ERE, permettant à tous les enfants de bénéficier de cet enseignement à tous les niveaux de la scolarité " (Rapport du Comité de l'éducation approuve par le Conseil des ministres de la Communauté européenne du 1-06-/92): une telle recommandation reflète bien le statut actuel liminaire de L'ERE.

On peut pourtant considérer à ce jour que les clarifications conceptuelles et méthodologiques, la construction d'aides didactiques, énonce de stratégies sont des domaines bien explores en ERE (Giordan; Souchon, 1992). Le problème se situe donc bien au niveau de son incorporation dans le système éducatif.

Les principaux obstacles sont connus: un cloisonnement disciplinaire, une place insuffisante dans les programmes, un taux horaire minimal, une absence de prise en compte dans le système d'examen, une insuffisance

de formation spécifique des enseignants, un manque de moyens rendent difficile la mise en oeuvre d'une approche réellement pluridisciplinaire. La conception d'un projet global, accès à une vision globale et systémique de la réalité (qui nécessite l'ouverture et l'implication de l'école sur le milieu et la coopération avec des acteurs extérieurs) se heurtent également à la structure scolaire. Remarquons par ailleurs que l'évaluation des résultats des actions est difficile à réaliser.

Ces problèmes sont dénonces par de nombreux chercheurs et par de nombreuses instituions nationales ou internationales. Néanmoins il semble que les volontés politiques ne soient pas suffisantes pour permettre la levée de ces obstacles structurels. Les principales réussites en ERE demeure le fait d'enseignants motives qui opèrent dans le cadre de dynamique large menée avec un large partenariat interministériel, prive, associatif voire politique. L'ERE touche donc assez peu d'enfants (Belgique, Espagne, France...3 et a tendance à se restreindre à un enseignement disciplinaire au détriment d'une approche globale par projet. Pourtant l'enjeu social est important et comme le souligne Sauve (1991): " Loin d'être un fardeau pour le monde de l'éducation, L'ERE peut devenir un " facteur " de changement positif dans le milieu scolaire, favorisant l'émergence d'un nouveau paradigme éducationnel. "

Toutes les considérations que nous avons soulignées dans ce chapitre, démontrent qu'un programme de sciences fixe dans un pays industrialisé ne peut en aucune mesure s'appliquer dans un pays en voie de développement.

- Tout d'abord, l'enseignement scientifique n'est pas une simple réduction d'un savoir, c'est une reconstruction orientée vers les pratiques sociales auxquelles il s'adresse (Martinand, 1986). Cet enseignement qui doit en fait conduire à des activités de réinvestissement et de remodelage du savoir, ce qui nécessite la prise en compte du cadre de vie social de l'apprenant. Ainsi, chaque pays doit pouvoir " inventer " le type d'enseignement dont il a besoin. Bien évidemment, on pourra retrouver des notions fondamentales, mais les modes de formulation y seront parfois très différents. Gagliardi (1991) nous propose plusieurs exemples de formation pour le développement durable qui ont fonctionne dans des cadres très divers car pour intégrer les

diverses stratégies, les responsables de ces programmes ont pris en compte les croyances, conceptions , habitudes de chaque communauté. a titre d'exemple, nous citons l'utilisation de la religion dans une campagne de formation pour le contrôle des rats.

" La FAO a réalisé entre 1987 et 1989 une campagne de formation des paysans pour le contrôle des rats dans les rizières de Malaisie (" a summary of the process and evaluation of the strategic extension campaign on rat control in Malaysia ", FAO, Evaluation Report: SEC/No. 2, 1987). La campagne a commence par une analyse des croyances, attitudes et pratiques des paysans, qui a fait ressortir des croyances négatives pour le contrôle des rats, " les rats sont intelligents et ils échappent aux pièges et aux poisons " (probablement motivée par les échecs des campagnes antérieures). Pour transformer ces croyances, des démonstrations ont été organisées sur des nouvelles méthodes de contrôle, en insistant sur la nécessité d'organiser des activités collectives dans lesquelles tous les fermiers de la région doivent participer pour éviter les échecs. Les messages ont été délivrés par des posters, bandes dessinées, pamphlets, " flip charts ", radio, etc.

Une autre croyance négative pour la mise en place des mesures de lutte contre les rats se résume dans ces termes: " Si on tue un rat, leurs amis viendront après pour se venger en détruisant la récolte. " Dans ce cas, la stratégie a été l'utilisation de la religion, en citant le Coran, qui indique que, " pour un musulman, c'est un pêché de croire aux superstitions " et que " plus de rats vous tuez, plus grande sera la récompense au Paradis. " Les messages ont été transmis par des leaders religieux dans la prière du vendredi, par des " leaflets " et par la radio.

Une autre analyse, réalisée à la fin de la campagne, a indique des transformations significatives des croyances des paysans, qui ont accepte et mis en pratique les méthodes proposées. " (Gagliardi, 1993).

Après ce rappel sur les principales questions que l'on doit se poser actuellement dans le cadre de la mise au point d'un programme de sciences, nous allons, dans le chapitre suivant, tenter d'analyser les conditions nécessaires de mise en oeuvre qu'il faut remplir pour réussir à atteindre les divers objectifs fixes par les programmes.

# *Chapitre III*
# Le contexte d'exercice de l'enseignement des sciences

Nous avons, dans le chapitre précèdent, présente le cadre de la réflexion que l'on doit avoir pour fixer de nouveaux programmes. Nous allons tenter dans les lignes qui suivent d'analyser l'enseignement des sciences tel qu'il est actuellement réellement pratique dans les collèges et les lycées. Nous nous intéresserons tout d'abord à la dimension humaine et matérielle de l'organisation d'une salle de cours de sciences et nous présenterons également quelques options pédagogiques comme la pédagogie de projet, et la pratique de la démarche expérimentale. Pour compléter notre étude, nous présenterons une analyse des aides didactiques du professeur et de l'élève (manuels scolaires, documentation, logiciels...). Enfin, nous présenterons le cadre de l'évaluation des apprentissages scientifiques au collège et au lycée, en soulignant notamment quelques contradictions entre les textes des programmes et la réalité " du terrain. "

## 1. L'enseignement doit-il être dispense à des classes hétérogènes ou doit- on former des groupes de niveau ?

Cette question se pose de façon aigu' au Collège qui accueille, en France, la totalité des enfants d'une classe d'âge. Dans tous les écrits sur le collège, le thème de l'hétérogénéité des élèves revient comme un leitmotiv; cette hétérogénéité est polymorphe car elle résulte de la conjonction de plusieurs phénomènes:

- une hétérogénéité de niveaux: certains élèves n'ayant pas assimile ou ayant oublie des notions de base, notamment en français et en mathématiques, notions qui auraient dû être assimilées des l'école primaire;

- une hétérogénéité de socialisation: les élèves s'adaptant plus ou moins bien à la norme culturelle des établissements et au brassage de populations issues d'écoles primaires différentes;
- une hétérogénéité d'aspirations: certains élèves ayant l'espoir d'une longue scolarité tandis que d'autres sont tout à leur rébellion contre l'institution scolaire (Lesourne, 1988).

La question de l'hétérogénéité peut en fait être abordée sous plusieurs angles. Tout d'abord on peut souhaiter établir des groupes de niveau plus homogènes dans le but de sélectionner les élèves, mais cette proposition ne signifierait-elle pas l'effondrement de l'espérance d'une socialisation commune à tous les adolescents ? Ce point de vue est partage par Martinand*: " Tout d'abord, je suis oppose à la notion de groupe de niveau, car l'école est d'abord un lieu de socialisation. D'autre part les groupes homogènes, ,ca marche bien quand on souhaite aboutir à un référentiel de compétences. Si par contre, il faut apprendre aux élèves la résolution de problèmes, il faut les initier à un travail d'investigation, de construction collectif il n'y a alors aucun inconvénient à avoir un groupe hétérogène puisque le plus important sera la dynamique d'investigation. Ceci repose donc le choix du type d'enseignement que l 'on souhaite privilégier:

- si l'enseignement des disciplines scientifiques consiste à faire apprendre, et à contrôler un certain nombre de connaissances et de savoir-faire; alors effectivement peut-être est-il mieux d'avoir des groupes homogènes;
- par contre, nous nous situons dans une approche constructiviste, c'est alors totalement illusoire de dire qu'il faut avoir un groupe homogène, puisque l'activité d'apprentissage va le rendre hétérogène. En effet, aucun élève ne va être exactement dans les mêmes positions vis-à-vis des taches qu'on lui proposera. "

D'autre part, la constitution de groupes de niveau, risque le plus souvent dans la pratique, d'engendrer la reconstitution des filières. Or, comme le souligne Astolfi*: " Je me demande si la spécialisation précoce pour créer des compétences rapides n'aboutit pas à des effets pervers. On sait ce qui attire les jeunes dans la formation scientifique, on connaît les types activités pour lesquelles ils ont un intérêt immédiat. Si, dans le but de préparer de futurs scientifiques, on spécialise l'enseignement de

façon précoce, on risque le plus souvent d'aboutir à un réel travail de sabordage. Ainsi, une partie de ceux qui auraient pu éventuellement se diriger vers des professions scientifiques auront été dissuades plutôt qu'encourages. "

Le Conseil national des Programmes[1] constate également que les solutions déjà expérimentées " oscillent entre des formules regroupant les élèves sur la base d'une homogénéité de leur niveau scolaire et des formules misant sur les vertus sociales de l'hétérogénéité. Ainsi, redécouvre-t-on régulièrement que les premières solutions risquent de marginaliser définitivement certains élèves et que les secondes, en donnant à tous le même enseignement, risquent de creuser les écarts et d'entériner l'échec scolaire. " C'est la raison pour laquelle le Conseil national des Programmes présente un projet qui s'appuie sur les acquis actuels et les travaux effectues sur le terrain. Il s'agit " d'articuler étroitement, pour chaque élève, la participation à deux structures pédagogiques gérées par la même équipe d'enseignants:

- d'une part, un " groupe hétérogène de référence ", la classe, où se pratique une pédagogie diversifiée, où s'effectuent les brassages, l'apprentissage des différences;
- d'autre part, des " regroupements temporaires sur des objectifs spécifiques " au sein desquels les élèves pourront travailler autrement, approfondir certains sujets, bénéficier d'une aide pédagogique, rechercher une orientation positive (...). L'aide pédagogique aux élèves en difficulté passagère est intégrée dans notre projet par le fonctionnement des regroupements spécifiques, par la mise en place, des la sixième et tout au long du cursus, d'un suivi rigoureux des élèves et d'une évaluation permettant l'organisation d'actions de remédiation. "

On pourrait au contraire tenter de privilégier une hétérogénéité des groupes, en fonction des résultats de travaux théoriques, dans le but de faciliter les apprentissages. Ainsi, comme le précise De Ketele (1987) " Le travail en groupe, qui implique la détermination de sous-groupes

1. Propositions du Conseil national des Programmes pour l'évolution des collèges, (1991)

homogènes ou hétérogènes selon le cas, est une situation bien connue actuellement chez les éducateurs. Pour donner un exemple intéressant, citons les recherches menées à Genève (Doise; Perret-Clermont, 1976) et à Louvain-la-Neuve (Vandenplas, 1979) qui ont montre que le développement cognitif et social pouvait progresser plus rapidement si l'on faisait interagir en groupes des enfants de niveaux différents. " Cependant, les résultats de ces recherches peuvent-ils être appliques sans réserve au niveau d'une pédagogie scolaire ? En effet " pour intéressante que soit la thèse du conflit socio-cognitif,[2] elle propose un modèle explicatif qui n'échappe pas à certaines réserves. " (Gilly, 1989).

Selon les partisans de la psychologie sociale génétique " dans certaines conditions , une situation d'interaction sociale qui requiert que les sujets coordonnent entre eux leurs actions ou qu'ils confrontent leurs points de vue peut entraîner une modification subséquente de la structuration cognitive individuelle. " (Perret-Clermont, 1986). Les résultats sont suffisamment nombreux, à propos du passage de l'intelligence préopératoire à l'intelligence opératoire notamment, pour que l'efficacité des interactions entre pairs ne puisse actuellement être mise en cause. Cependant, il faut bien rappeler que dans ce cadre, les chercheurs effectuent leurs travaux sur la genèse de l'intelligence. Il serait donc vain de croire que les pédagogues puissent déduire de façon rationnelle, directement de ces résultats de recherche de laboratoire en psychologie sociale (obtenus sur de jeunes enfants, avec de petits effectifs), des règles d'action qui de plus seraient extrapolées à des élèves de collèges et de lycées. D'autre part, les chercheurs en psychologie sociale génétique travaillent sur les structures générales de la pensée, ce qui n'est pas du

2. Comme le souligne Lefevre-Pinard (1989): le rôle exerce par les conflits socio-cognitifs dans le développement cognitif a fait l'objet depuis plus d'une vingtaine d'années d'un nombre considérable de recherches, en particulier dans la littérature psychologique qu'on peut qualifier de " cognitive développementale ", issue du modèle structuraliste piagétien. Ces recherches ont compare l'impact de différents types d'interactions sociales planifiées pour induire des modes d'approche distincts de la part des participants impliques dans la solution d'un problème cognitif donne. Elles ont porte tant sur l'apprentissage de concepts logiques, comme la conservation (Perret-Clermont, 1980), que sur celui d'habiletés plus socio-cognitives comme la communication de Lefevre-Pinard et Reid 1980.

tout l'optique du pédagogue qui a comme principal but de faire acquérir des contenus disciplinaires aux élèves.

Cependant, et sous certaines conditions, les résultats des travaux sur la psychologie sociale des constructions cognitives en situation de résolution de problèmes[3] pourraient être plus directement utiles dans les classes. Dans le cas des interactions entre pairs, ces recherches soulignent l'importance des oppositions explicites et argumentées des divers points de vue des protagonistes. Mais, " dans chaque cas, ce n'est que lorsque la résolution du problème requiert un certain type de fonctionnement cognitif que la dynarnique interactive, par la forme qu'elle prend et la fonction qu'elle exerce en retour sur les procédures de résolution, a des effets bénéfiques. " (Gilly, 1989).

Pour permettre une transposition de ces résultats de recherche dans la pratique pédagogique, certaines questions semblent devoir être retenues (Lefevre-Pinard, 19893:

- Peut-on identifier la nature des interactions inter et intra-individuels qui perrnettent à une personne de résoudre un problème nouveau un peu complexe ?
- Peut-on définir le niveau de pré-requis conduisant un individu de tirer parti d'une situation de conflit socio-cognitif et cela avec une précision telle qu'il puisse en tenir compte dans une pratique pédagogique ?

A notre connaissance, aucun résultat de recherche ne permet de répondre à ces questions. Ainsi, L'ensemble de ces considérations théoriques à défaut de pouvoir donner des règles d'action précises aux pédagogues pour trancher sur l'impact de l'hétérogénéité d'un groupe classe, peut cependant suggérer " d'autres formes relationnelles que celles de la dépendance de l'ignorant à l'égard d'un " sachant " perçu comme modèle de la compétence à assimiler. " (Perret-Clermont; Mugny, 1985).

Nous verrons cependant dans le Chapitre IV que pour créer un environnement didactique favorable à l'acquisition de données conceptuelles

3. Pour plus de renseignements à ce sujet voir: Gilly, 1988; 1989.

en sciences, les confrontations élèves/élèves, et élèves/professeurs sont des paramètres importants. Ainsi, selon Host*: " En sciences, dans le travail pratique et le travail expérimental, les groupes de niveau ne sont pas les plus efficaces car des élèves peu doues pour les disciplines abstraites d'expression peuvent apporter des données très intéressantes du fait de leurs intérêts ou de leurs expériences du milieu familial. Il me parait souhaitable que les groupes soient hétérogènes pour les activités de résolution de problèmes et que d'autre part il puisse y avoir des activités de niveaux différents, grâce aux activités du centre documentaire par exemple. Il doit y avoir dans une classe une sorte de minimum collectif qui permet une communication et des dépassements individuels qui peuvent aller très loin en fonction des intérêts de certains élèves, c'est plutôt cela la solution (cl: *Tableaux 1, 2 et 3).* Cela suppose évidemment des effectifs pas trop élèves, mais surtout que toute la technologie de l'éducation soit réellement investie, et qu'on ait soin de diversifier davantage les formes d'enseignement et les formes d'apprentissage tout en maintenant une certaine cohésion dans la classe. "

I1 semble donc impossible de pouvoir répondre de façon rationnelle et tranchée à cette question. La encore la réponse dépend du choix de la politique de formation scientifique que l'on veut promouvoir. Pour notre part, nous pensons que la position défendue par le Conseil national des Programmes est tout à fait pertinente. Pour mémoire, elle consiste à articuler étroitement, et pour chaque élève, la participation à deux structures pédagogiques: L'une hétérogène qui favorise la socialisation, et l'autre qui consiste en regroupements temporaires sur des objectifs spécifiques au sein desquels les élèves pourront travailler autrement. Nous voulons d'autre part préciser que si nous privilégions la formation de groupes hétérogènes, nous pensons qu'il faut absolument permettre par moments aux élèves d'avoir un réel encadrement de type tutorat pour qu'ils puissent acquérir plus d'autonomie. Le point de vue officiel du CNP ne doit donc pas être un arbre qui cache la foret, la question de la surcharge des classes et de la mise à disposition de matériels adéquats pour faciliter la pratique d'une réelle investigation scientifique, nous parait être une question beaucoup plus importante à prendre en compte que celle de l'hétérogénéité des classes qui, dans un contexte de classe non surchargée ne se pose pas; ou pas dans les mêmes conditions.

Tableau 1. Objectifs à atteindre en fin de scolarité obligatoire: les " savoir-être et les savoir-faire "

*Objectifs d'attitudes*

L'élève devrait être capable de:

Curiosité et étonnement
- à partir d'observations, de recherches;
- dans les confrontations avec des éléments surprenants, voire contradictoires (1).

Créativité
- dans l'émission d'hypothèses permettant d'expliquer un phénomène observe;
- dans la conception d'expériences tentant de vérifier les hypothèses avancées.

Actives de réalisation
- dans l'élaboration de montages;
- dans l'obtention de résultats;
- dans l'interprétation de ces résultats.

Pensée critique
- par une remise en cause de certaines " idées toutes faites ";
- par une autocritique permanente;
- par la critique du travail réalisé par les autres élèves.

Confiance en soi
- par la réalisation d'un travail que l'on doit mener jusqu'au bout.

Ouverture aux autres
- par une coopération, une entraide et une communication permettant de résoudre ensemble les problèmes.

Ouverture au monde extérieur
- par une application au milieu de vie quotidien de l'attitude expérimentale et critique acquise en classe.

(1) Ces différents points sont fournis à titre d'exemple.

Extrait de De Vecchi G.; Giordan A. *L'enseignement scientifique: comment faire pour que " ça marche ? "* Collection Giordan A. et Martinand J.L. guides pratiques, Z'Editions.

Tableau 2. Objectifs à atteindre en fin de scolarité obligatoire

*Objectifs de méthodes*
L'élève devrait être capable de:

- Faire émerger un problème et le formuler correctement.
- Emettre des hypothèses et remettre en cause ses affirmations gratuites (passer de " c'est " à " peut-être que c'est ").
- Concevoir des moyens de vérifier ses hypothèses: organisation générale, conception d'expériences, recherche de matériel, de documents...
- Mener pratiquement une expérimentation:
    - pratiquer le tâtonnement expérimental;
    - élaborer des montages;
    - être rigoureux et précis;
    - éprouver le besoin d'utiliser des expériences témoins;
    - isoler une variable;
    - tirer des résultats objectifs (et non ceux que l'on pensait obtenir);
    - interpréter ces résultats;
    - formuler des conclusions directement liées aux résultats (ne pas généraliser abusivement), mais éprouver le besoin de généraliser.

Et d'une manière générale:

- être capable d'argumenter, de discuter un arguments une preuve;
- de raisonner logiquement (ex: relation causale);
- de s'organiser seul, en petit groupe ou en grand groupe;
- élaborer et de remplir un contrat ainsi que de l'évaluer.

Extrait de De Vecchi G.; Giordan A. *L'enseignement scientifique: comment faire pour que " ça marche ? "* Collection Giordan A. et Mardnand J.L. Guides pratiques, Z'Editions.

Tableau 3. Objectifs à atteindre en fin de scolarité obligatoire

*Objectifs de techniques*

L'élève devrait être capable de:

- Maîtriser le langage parle:
  - participer oralement en général;
  - présenter son travail;
  - savoir écouter les autres.

- Maîtriser la langue écrite:
  - trouver un renseignement;
  - transcrire un message oral;
  - exploiter un document;
  - résumer.

- Inventer et utiliser des codes:
  - schémas explicatifs;
  - graphiques (courbes, histogrammes) ;
  - cartes;
  - langage mathématique (codage, ...).

- Préparer, réaliser et exploiter une enquête.

- Utiliser l'observation (non comme un but en soi, mais comme un moyen).

- Mesurer (unités de mesures convenables, précision).

- Maîtriser certains objets techniques:

  - utiliser des outils varies (outils de mesure, optiques, audiovisuels, de laboratoire, ...);
  - utiliser une notice explicative, un mode d'emploi;
  - résoudre certains incidents de fonctionnements
  - dominer des techniques biologiques (élevages, cultures).

Extrait de De Vecchi G., Giordan *A. L'enseignement scientifique: com - ment faire pour que "ca marche?"*Collection Giordan *A.* et Martinand J.L. Guides pratiques, Z'Editions.

## 2. Le travail expérimental est-il suffisamment pratique ? Et, dans quelles conditions ?

Des 1971, le ministre de l'Education nationale déclarait à la commission Lagarrigue, " votre réussite sera d'aider à s'enraciner la conviction qu'une culture, et donc un enseignement convenant à notre temps, ne peuvent qu'intégrer (...) comme un de leurs champs les plus riches, tout le domaine de l'expérimental. "

D'autre part, l'Académie des Sciences, s'adressant au ministre de l'Education en 1983, attirait son attention sur la " dégradation inquiétante des moyens en matériels et en personnels techniques (...) pour assurer la formation expérimentale des élèves des lycées et collèges; ... (elle) estime qu'il faut, de toute urgence, porter remède à cette situation qui compromet notre avenir scientifique et technique. "

Une enquête effectuée en 1988, pour connaître les opinions d'élèves et d'enseignants sur l'enseignement des sciences physiques en seconde, peut être résumée par cette remarque d'un élève: " cette année c'est la théorie seulement. L'an dernier, ce qu'on notait, on l'avait fait avec nos mains, ,ca nous aidait à comprendre. " Un autre travail, concernant les travaux pratiques de chimie au lycée, met en évidence une insatisfaction des professeurs et des élèves, beaucoup de ces derniers souhaitant des travaux pratiques " qui puissent développer l'intérêt pour la chimie par le plaisir de manipuler. "

Ce triste constat d'une quasi absence d'expérimentation dans l'enseignement secondaire est également partage par les " naturalistes " et les physiciens. Berge[4] préconise ainsi la restauration d'un authentique enseignement expérimental des sciences, et, pour lui, " la physique doit voir son enseignement s'appuyer sur des faits et des phénomènes avant de les modéliser et les mathématiser: on doit privilégier la méthode inductive et le recours systématique à l'expérience. La démarche expérimentale, avec ses remises en question et ses retours en arrière, est

4. Ce rapport a été effectue en 1989 dans le cadre de la préparation et de la mise en place de la reforme actuelle.

en effet particulièrement propice à l'épanouissement de la créativité, de l'imagination, de l'esprit critique et de l'autonomie. "

L'apprentissage et la mise en oeuvre de la démarche expérimentale sont donc préconises par tous les programmes actuels des sciences expérimentales. L'accent porte sur l 'importance de la méthode inductive appuyée sur le concret et aboutissant à la modélisation qui, en chimie en particulier, n'est pas toujours mathématique, devrait donc aboutir à relativiser la validité des modèles explicatifs et éviter la confusion entre modèle et réalité.

Cependant, dans leur rapport 1991-1992 pour le ministère français de l'Education nationale, les inspecteurs généraux de physique-chimie reconnaissent que, de la seconde aux terminales C et D, le nombre de séances de travail expérimental (Travaux pratiques) est (surtout en terminale) nettement inférieur aux 25 séances prévues par les instructions officielles: " cet enseignement est encore trop déductif, la démonstration est. plus que l'expérience, retenue comme preuve suffisante et la plupart des maîtres, pour orienter les élèves et assurer leur succès aux examens, font plus confiance aux exercices théoriques qu'aux observations expérimentales, à leur hiérarchisation et à la résolution des multiples et riches problèmes que pose la réalisation de toute expérience... "

En biologie également, sans doute en raison à la fois de la diminution des dédoublements de classes et des nouveaux domaines étudies (immunologie, biochimie, biologie moléculaire), on constate une réduction de l'approche expérimentale; la tendance actuelle est plutôt de pratiquer un travail de documentation lie à la résolution de problèmes du type de ceux du baccalauréat.

Paradoxalement, c'est pour les classes de première littéraires, que les textes officiels proposent de donner aux élèves une culture scientifique et permettent une grande ouverture aussi bien en ce qui concerne les contenus que les méthodes; " il faut, avant tout, développer la curiosité scientifique des élèves et mettre en relief les méthodes propres aux sciences physiques: expérimentation, interprétation, induction, déduction. "

Dans ce rapport, Lefour examine l'état actuel de l'enseignement de la chimie, science expérimentale par excellence: " Comment expliquer que, dans notre pays, son enseignement soit devenu essentiellement théorique ? Plus que toute autre science, la chimie a souffert d'un travers caractéristique des enseignements scientifiques en France: la sacralisation des théories. Outre le fait qu'on préfère le raisonnement déductif à l'inductif, on tend à ne considérer comme rigoureuses, et donc dignes d'intérêt, que les sciences susceptibles d'une modélisation mathématique. On oublie trop souvent que, s'agissant d'une science expérimentale, l'un des objectifs primordiaux de l'enseignement doit être de faire acquérir quelques-unes des méthodes propres à la démarche scientifique: observation, analyse, mesure, émission et validation hypothèses, expérimentation, modélisation, théorisation. "5

D'un avis général, il semble donc bien que tant dans les collèges que dans les lycées, l'enseignement expérimental n'a pas actuellement une place suffisante. Nous allons tenter dans les lignes qui suivent d'en analyser les raisons et de proposer quelques pistes de réflexion pour combler cette carence. En effet, l'efficacité de l'enseignement des sciences, la bonne exécution des diverses consignes ministérielles ne dépendent pas de la simple bonne volonté des enseignants, des élèves et ou des programmes. Nous devons donc porter notre attention sur certains paramètres qui sont le plus souvent indépendants de la volonté des enseignants.

### *2.1 Les problèmes matériels*

Pour enseigner les sciences, il faut bien évidemment pouvoir disposer d'installations et d'équipements particuliers. Chaque cours de sciences a ses propres exigences en termes de matériels qui, compte tenu du niveau des élèves et du contenu disciplinaire (biologie cellulaire par exemple), peuvent être très diverses. Comme le démontre l'étude canadienne de

5. Nous observons ici un effet pervers de l'Enseignement supérieur. Comme en mathématiques ou en histoire (non événementielle): L'Enseignement secondaire à copie servilement des tendances justifiées en université et qui sont des présentations globales d'ensembles d'événements ou résultats mais qui sont peu compréhensibles pour ceux qui ignorent tout.

Orpwood (1984) dans l'enseignement primaire: le plus souvent l'enseignement s'effectue dans des classes ordinaires, sans qu'il y ait un matériel quelconque à la disposition des élèves (cf Tableaux 4 et 5). Par contre, au secondaire, 3 enseignants sur 4 disposent d'un laboratoire ordinaire outille pour permettre aux élèves d'effectuer des expériences.

Tableau 4. Installations pour l'enseignement des sciences

| Installation | Secondaire Primaire | Secondaire ler cycle | 2eme cycle |
|---|---|---|---|
| Un laboratoire ou une classe-laboratoire | 1,3 | 41,9 | 74,2 |
| Une salle de classe équipée seulement par des démonstrations | 11,2 | 15,3 | 1,S |
| Une salle de classe sans équipement spécifique pour l'enseignement des sciences | 78,9 | 24,1 | 1,9 |

En France, les dépenses d'Education sont financées par l'état, les collectivités locales, certaines administrations, les entreprises, les ménages. Entre 1914 et 1992, elles sont passées de 7,1 % à 19,7 % du budget de l'état. En 1990, la Dépense intérieure d'Education (DIE) était de 414,6 milliards de francs soit 6,4 % du PIB ou 7.320F par habitant.

La question des moyens matériels et financiers a toujours été particulièrement importante pour l'enseignement des sciences expérimentales, c'est la raison pour laquelle il n'est pas étonnant qu'on la retrouve évoquée, dans de nombreux textes à caractère politique, réglementaire et pédagogique.

En ce qui concerne le Collège: selon une enquête réalisée en 1981 par l'Union des Physiciens, les locaux spécialises étaient notoirement insuffisants (seulement 51 % de salles, souvent communes aux sciences physiques et " naturelles ", permettaient de manipuler dans des conditions convenables) et la situation était très diverse selon les établissements. Le crédit moyen se situait alors à environ 4F par élève et par an, 50 % des collèges ne disposaient d'aucune aide de laboratoire. Dans les lycées, depuis le début de la régionalisation, les conditions matérielles

s'améliorer. mais il reste encore beaucoup à faire. En ce qui concerne la rentrée l993 où seront mis en place les nouveaux programmes de seconde, l'équipement en matériel nouveau indispensable était, sauf exceptions, pas encore assure en février 93, ]'Etat et les collectivités locales se " renvoyant la balle. "

Tableau 5 Matériel et fournitures pour l'enseignement des sciences

| Situation (a) | Primaire | Secondaire ler cycle | Secondaire 2eme cycle |
|---|---|---|---|
| Mes élèves disposent d'un appareillage abondant | 15,4 | 51,4 | 68,5 |
| Mes élèves disposent d'un appareillage peu coûteux, provenant de dons, ou démodé | 16,9 | 22,9 | 14,3 |
| Mes élèves ne disposent pratiquement d'aucun matériel | 29,9 | 10,0 | 1,8 |
| Je dispose d'un matériel convenant aux démonstrations | 41,5 | 49,0 | 50,4 |
| Il n'y a pratiquement pas de matériel scientifique | 18,7 | 7,0 | 2,0 |
| Nous disposons de quantités suffisantes de fournitures à renouveler | 16,3 | 49,9 | 61,8 |
| Nous avons acces à un ordinateur | 2,9 | 16,4 | 26,8 |
| Nous disposons d'appareillage audiovisuel adéquat | 34,6 | 52.9 | 58,6 |

(a) Les répondants étaient pries d'indiquer tout ce qui s'appliquait; c'est pourquoi le total des colonnes X donne pas 100 9Z.

Extrait de Alam 1.; Orpwood G.W.F. 1984. L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. Volume 2: Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada, *Etude de documentation 52.* 125 p.

Le CNP souhaite que les techniques modernes jouent un rôle important au collège, dans les ateliers de pratique où les élèves devraient utiliser eux-mêmes les outils informatiques et audiovisuels. Cependant, malgré des déclarations d'intention répétées, malgré les efforts équipement importants consentis ces dernières années (plan Informatique pour

tous, plan Vidéo collège), la plupart des établissements sont encore en état de sous-équipement. L'échec du plan " Informatique pour tous " s'explique par de multiples raisons[6]: les enseignants ont été mal formes (au lieu de leur apprendre à se servir de l'outil, on a cherche à en faire des informaticiens); la politique équipement des établissements n'a pas eu de suivi; la maintenance du matériel a souvent été difficile; équipement informatique est devenu obsolète, parfois " confisque " au bénéfice d'une seule discipline car le plus souvent, il ne répondait pas au besoin ressenti par les enseignants, seuls agents susceptibles de donner une efficacité à la mesure décidée au ministère. Enfin, le matériel était fréquemment " mis en sécurité " dans une salle fermée.

Au lycée, les principes généraux, présentes en introduction des nouveaux programmes des sciences expérimentales, affirment l'importance des technologies nouvelles d'information et de communication. Par exemple, en physique: L'ordinateur sera l'outil privilégie pour la saisie et le traitement des données ainsi que pour la simulation. Le journal *Le Monde* du 19 novembre 1992, dans sa rubrique " Campus ", sous le titre " Panne d'informatique à l'Ecole ", écrit: ... 700 millions de francs affectes à équipement pédagogique en général (machines-outils, audiovisuel, informatique) sont alloues chaque année par la Direction des Lycées et Collèges [DLC] aux Académies, qui les repartissent entre les établissements. La part des crédits consacres à l'informatique pédagogique représente environ un tiers de cette somme. Sans compter les crédits accordes aux établissements, via les rectorats, pour l'achat des logiciels, soit 60 millions de francs par an. (...) Le CNP estime que les lycées d'enseignement général ne peuvent généralement compter que sur un ordinateur pour quarante Lycéens. D'où la déception de nombreux enseignants, tel ce professeur de mathématiques : " J'utilise de moins en moins l'informatique en cours, le matériel a vieilli et les logiciels sont trop vétustes. "

6. La réalité paraît presque caricaturale, mais elle est. intéressante pour illustrer des méthodes d'application néfastes de textes officiels:
   • décision systématique d'application immédiate dans tous les collèges et écoles;
   • Livraison du matériel avant un début de formation des utilisateurs.
   La motivation principale consistait en fait à aider une société nationale en grande difficulté financière.

L'objectif du CNP est que chaque lycée puisse disposer d'un parc de 100 micros pour 1.000 élèves, repartis dans toutes les classes. Le CNP demande donc un " cadrage national " pour équipement des établissements ainsi que la constitution, dans chaque discipline, de groupes de travail associant professeurs et informaticiens charges élaborer les cahiers des charges des logiciels.

En fait cette évolution conduit à des choix économiques que personne n'ose aborder et qui seront bientôt incontournables (tels ceux poses par des techniques très coûteuses en médecine):

- Le budget de l'Education nationale (budget global: Etat, région, particulier...) pourra-t-il augmenter indéfiniment ? (son augmentation actuelle se fait au détriment d'autres départements, hôpitaux, justice
  etc.)
- A l'intérieur de l'Education nationale, des choix doivent donc être effectues: de façon responsable, ce qui n'est pas toujours le cas actuellement ou ils sont effectues de manière anarchique, sous l'effet de pressions diverses. Par exemple, entretien des bâtiments contre équipement informatique.

Par rapport aux difficultés rencontrées dans les pays en voie de développement, les problèmes matériels que nous venons de décrire peuvent paraître bien modestes. Mais est-il toujours nécessaire de disposer d'un matériel d'expérimentation très sophistique ? Dans le cadre des laboratoires de recherche, le matériel expérimental a considérablement évolue en une seule génération, doit-on pour autant l'utiliser dans l'enseignement ? En fait, il faut distinguer l'apprentissage de la démarche expérimentale, de l'acquisition des gestes pratiques qui permettent d'utiliser des techniques modernes d'investigation scientifique (Girault et col., 1994). Dans des pays qui n'ont pas encore pu, pour des raisons diverses, développer une réelle politique de recherche, il serait tout à fait équivoque d'effectuer un enseignement sur les techniques utilisées par la recherche. Chaque pays doit construire son enseignement scientifique en fonction de son propre niveau de développement technologique et scientifique. Ainsi, comme le souligne Host*: " On peut tout à fait pratiquer une démarche expérimentale sur des expériences simples, avec des variables simples, qui n'utilisent pas des boites noires très compliquées. Dans le cadre de la respiration humaine, par exemple sur les

aspects de ventilation et d'échanges gazeux, on peut faire des expériences sans matériel. "

I1 faut aussi intégrer une réflexion sur les relations entre formation technologique et formation scientifique. En effet, dans des pays qui n'ont pas de culture scientifique, il faut initier le passage d'un appareil technologique vers une approche scientifique comme le souligne Host*: " Avec une expérimentation sur la culture de radis, par exemple, le principe consiste à ne pas se borner à une approche technologique (expérimentation avec fumier et engrais). Une approche scientifique consiste à se poser d'autres types de questions: la lumière est-elle nécessaire ? L'apport d'eau est-il suffisant ? Dans l'expérimentation scientifique, il faut séparer les variables. Cette formation, qui ne nécessité pas un outillage important, est fondamentale car pour évoluer, les " recettes technologiques " nécessitent une réelle formation scientifique. "

Pour conclure sur cet aspect, nous voulons préciser qu'il ne nous appartient donc pas de fixer, pour des pays en voie de développement, des programmes préétablis. Comme pour les pays fortement industrialises, notre rôle consiste à fixer les principaux paramètres à prendre en compte dans le cadre de l'élaboration de programmes scientifiques. I1 appartient alors aux spécialistes de chaque pays, en fonction des contraintes locales, du niveau de développement, d'effectuer les choix pertinents qui permettent à leurs concitoyens acquérir une culture scientifique et/ou technique qui puisse être directement réutilisée dans le cadre de la vie quotidienne.

### *2.2 Des problèmes humains (groupes d 'élèves trop nombreux et non dédoublés)*

Orpwood (1984) a montre dans son étude que dans les classes de secondaire 2eme cycle au Canada, la moyenne des élèves en classe de sciences se situe à 27. En fait, 47,2 % des classes de sciences s'effectuent avec un effectif de 26 à 30 élèves, et 15,8 % ont un effectif variant de 31 à 35 élèves. II est évident que la pratique de réels travaux d'expérimentation, dans le cadre d'un cours d'une heure s'adressant à 27 élèves quand le plus souvent l 'enseignant ne dispose d'aucune aide (souvent pas d'aide de laboratoire), parait être une véritable gageure. Nous ne disposons pas

de données chiffrées sur la situation en France qui à notre connaissance serait identique voire même, surtout dans les grandes agglomérations, plus mauvaise (l'effectif des classes dépassant le plus souvent les 30 élèves).

### *2.3 Manque de formation épistémologique pour les enseignants scientifiques*[7]

Nous analyserons en détail les divers aspects de la formation des enseignants dans le *Chapitre V*, mais nous voulons cependant souligner ici quelques lacunes qui ont des répercussions directes sur la pratique de la démarche expérimentale[8] dans le cadre de l'enseignement des sciences au collège et au Lycée. Comme le soulignent Desautels et Larochelle (1989)[9] " la réflexion épistémologique avouée en Education n'a pas bonne presse et n'est guère plus désirable dans le domaine de l'éducation à la science, sauf dans les recherches en didactique ou l'on entend de plus en plus lui faire une place. " (...) Certains trouveront étonnant que la principale raison de notre attachement à cette forme de réflexion tienne au fait qu'elle nous aide à comprendre pourquoi nos élèves ne comprennent pas. Si l'on porte un tant soit peu attention aux interprétations que nous propose l'épistémologie ou l'histoire des sciences, on y trouve une mine

7. Le contexte de la formation épistémologique des enseignants est un aspect complexe dont le traitement réel dépasse largement le cadre de cette étude. Nous n'avons donc retenu ici que quelques observations fondamentales.

8. Develay M. (1989) a établi une tarification au plan épistémologique des divers substantifs utilisés comme: méthode scientifique. méthode expérimentale, démarche scientifique, démarche expérimentale... Sur la méthodologie expérimentale. Aster, No. 8.

9. " Introduire des considérations épistémologiques dans une discussion portant sur l'éducation a toujours été de la dynamite. Socrate l'a fait; et on lui fit rapidement boire de la cigu'. Giambattista Vico le fit aussi au XVIIIe siècle et l'établissement philosophique s'empressa de s'en débarrasser. à notre époque, il y eut Jean Piaget. Son intention était réellement de demeurer à l'écart de l'éducation, mais il s'y laissa attirer - et nous savons quel fut le sort de son épistémologie aux mains des interprètes et des traducteurs. Il semble que discuter d'éducation d'un point de vue épistémologique est un moyen assure de se suicider au plan intellectuel. à Ernst von Glasersfeld (1983). L'apprentissage en activité constructive. " Proceedings of the fifth annual meeting of the international group for the psychology of mathematics éducation. " North American Chapter, Montreal.

d'informations quant aux difficultés conceptuelles, entre autres, qui ont dû être surmontées dans l'élaboration des contenus et des méthodes de production du savoir scientifique. " Ainsi, pour Thom (1986), la locution " méthode expérimentale " est un oxymoron.[10] En effet, L'idée de méthode (qui a donne méthodique) renvoie à une notion activité répondant à un plan préétabli et l'idée d'expérience renvoie au contraire à celle d'hypothèse qui de ce fait inclut l'imprévu, L'imaginaire. De ce fait on parle de méthode expérimentale, au plan pédagogique, quand les élèves réalisent un ensemble activités préétablies par le professeur. Ainsi, on peut se demander si " apprendre les sciences ", c'est:

(A) Soit apprendre comment, par une démarche spécifique, ces sciences ont abouti aux connaissances d'une époque à un moment donne ?

(B) Ou apprendre à utiliser cette démarche:

(B1) pour " redécouvrir " ce qu'au cours des siècles passes des chercheurs ont découvert ? L'ontogenèse de l'élève récapitule alors la phylogenèse; L'histoire étant alors linéaire et cumulative;

(B2) pour réellement découvrir du nouveau ! " (Lacombe, 1989).

Lacombe, précise, que dans le cadre de l'enseignement des sciences, on néglige le point (A), pour se consacrer à (B1) en sous-estimant totalement l'importance de (B2). Cependant, " Les expériences pour " voir " ne sont-elles pas les seules qui spontanément, se mettraient en place dans nos classes si on y laissait un peu d'autonomie ? Toute autre expérience, entrant dans le jeu de la " redécouverte " n'a plus sa valeur heuristique: isolée de son contexte et de sa problématique, elle risque de être plus qu'une commémoration dérisoire " (Lacombe, 1989). Ainsi, au lieu de pratiquer une réelle démarche expérimentale; au cours de laquelle les élèves pourraient suivre leurs propres investigations et répondre à leurs questions, le plus souvent les élèves effectuent en fait des manipulations au cours desquelles ils exécutent des consignes fixées préalablement par le professeur. Cette pratique qui est pourtant très courante dans les classes (a la décharge des enseignants certains aspects développes aux *Points* 2.1 et 2.2 expliquent en partie ce constat) repose en fait sur des conceptions de l'apprentissage tout à fait surannées actuellement. En effet, comme

10. Un oxymoron est une figure de rhétorique formée d'un couple de contraires, par exemple: neige brûlante.

nous le développerons dans le Chapitre IV, on ne peut plus prétendre aujourd'hui pouvoir modifier les conceptions des élèves par de simples observations, ou arguments que l'enseignant peut leur fournir. On ne peut pas prétendre qu'il suffit de regarder pour voir et pour comprendre. Il faut redéfinir l'observation, d'autant plus que l'initiation des élèves à ce type activité constitue l 'un des buts vises par l 'éducation scientifique. En fait, l'observation scientifique, " doit suivre une interrogation qui consiste essentiellement à substituer à la chose perçue un objet abstrait constitue de relations et de relations de relations. (...) L'observation ne peut donc être associée à cette image du naturaliste passif qui enregistrerait faits et événements sans sourciller de façon neutre. " (Desautels; Larochelle, 1989). Alors, si les pratiques classiques s'éloignent le plus souvent de l'expérimentation scientifique, que pouvons-nous tenter dans nos classes ? Deux aspects nous semblent importants à privilégier:

- Introduire auprès des élèves une étude et une réflexion de type historique et épistémologique sut la nature du savoir scientifique, sur le statut d'expérimentation, en faisant bien prendre conscience de la différence qu'il y a entre la science qui se construit, et la science qui est présentée (reconstruite) pour convaincre les pairs.
- Il convient enfin de donner la possibilité aux élèves de se poser de réels problèmes.
- Pour permettre cette approche, il faudrait faciliter la possibilité pour un enseignant de regrouper ses horaires de cours de sciences.

## 3. Les manuels scolaires

En France, les manuels sont nombreux, avec une très belle iconographie et des documents intéressants, leur conception et leur diffusion ne sont pas soumises à un contrôle officiel comme dans certains autres pays francophones. Toutefois: un (ou plusieurs) manuels est choisi par le

11. On peut également citer les diverses opérations telles " 1.000 élèves, 1.000 chercheurs (France, 19861985). Passeport pour la science (France, 1990-1991), lesexpo-sciences (Québec) qui sont autant opérations qui permettent aux élèves de pratiquer une réelle expérimentation.

conseil de professeurs, il est. impose à l'élève et enfin, parfois acheté par l'établissement.

Au Québec, les manuels doivent être approuves, ou autorises par le ministère de l'Education, en Tunisie et au Maroc, il existe un manuel officiel, par niveau d'étude et par discipline. Si, ces manuels traditionnels ne sont pas toujours utilises par les enseignants dont certains préfèrent composer eux-mêmes leur cours, une étude canadienne (Graham; Orpwood, 19843 souligne très clairement que 3 enseignants sur 4 les utilisent énormément et une majorité d'entre eux adaptent leurs cours aux consignes ministérielles en se fondant sur la lecture des manuels plutôt que sur la lecture des textes officiels.[12] La façon dont sont rédigés les manuels varient bien évidemment profondément en fonction des auteurs (cf: *Tableau 6: documents a et b*), mais le plus souvent les diverses consignes ne sont pas clairement ciblées tant et si bien qu'il est difficile de savoir si elles s'adressent à l'élève et/ou au professeur. Il serait donc utile et même nécessaire de publier en parallèle un manuel pour l'élève et un livre du maître (cela a déjà été fait et la Commission nationale de Programmes l'a demande. Que décideront les éditeurs, et les utilisateurs ?)

Dans son étude, Orpwood (1984) a établi l'évaluation d'un grand nombre de manuels de sciences (physique, chimie et biologie) [13], le *Tableau 7* donne une idée générale du degré de satisfaction des enseignants à l'égard du manuel utilise par leurs élèves. On peut conclure de ce tableau que globalement les manuels sont considères comme satisfaisants, sauf pour les élèves en difficultés surtout dans les grandes classes du Lycée.

12. Cette pratique pédagogique est très certainement un facteur de " l'inflation ", des programmes traites avec les élèves, car certains manuels dépassent largement dans leur mode de traitement les aspects prévus réellement au programme.

13. On peut également se reporter à une étude effectuée par Villegas G. (1984). La compréhension des manuels scolaires par les élèves de 10 à 12 ans. Actes JIES, Chamonix.

Tableau 6. Conceptions sur l'enseignement des sciences

Document 6-a. Biologie 6eme, Nouvelle collection Tavernier -1986

*Une première définition*

- Au cours de la respiration, tous les animaux prélèvent de l'oxygène dans le milieu extérieur (l'air ou l'eau) et y rejettent du dioxyde de carbone. à ce stade de notre étude, c'est la réponse la plus précise à la question: respirer, qu'est-ce que c'est ?
  En effet, chez certains animaux (tels que le ver de terre) on n'observe pas de mouvements rythmes faisant penser à des mouvements respiratoires. On peut cependant mettre en évidence les échanges gazeux de la respiration.

- Parmi les animaux aquatiques, certains respirent dans l'eau (ils ont une respiration aquatique), d'autres montent régulièrement respirer à la surface; ils ont, comme les animaux terrestres, une respiration aérienne.

*Des questions sans réponse*

- Où va l'air inspire chez les animaux terrestres ?
- Quelle est la signification du courant d'eau constate chez le poisson ?
- Un animal qui respire retient de l'oxygène. Où va cet oxygène ? à quoi sert-il dans l'organisme ?
- Pourquoi un poisson ne peut-il pas respirer dans l'air ? Pourquoi un animal terrestre ne peut-il pas respirer dans l'eau ? (1)

(1) Les chapitres qui suivent ont pour objet de répondre à ces questions.

On voit avec quelles précautions les auteurs avancent dans la construction du concept de respiration.

Extrait de De Vecchi G.; Giordan A. L'enseignement scientifique: comment faire pour que "ca marche ?" Collection Giordan A. et Martinand J.L. Guides pratiques, Z'Editions.

Document 6-b. Nature et science 6eme, Godet, A.; Ferguson, J. - Istra, 1986

Introduction du chapitre: la respiration

*Page 49*: Indispensable à l'homme, oxygène l'est également à la plupart des êtres vivants: animaux et végétaux. La respiration leur fournit l'oxygène dont ils ont besoin, quel que soit le milieu dans lequel ils vivent.
Le plus souvent, les animaux possèdent des organes respiratoires qui prélèvent oxygène de l'air atmosphérique ou celui dissous dans l'eau, et rejettent du dioxyde de carbone, dans l'air ou dans l'eau. La plupart des végétaux respirent eux aussi, ce que nous mettrons en évidence.

Différents " problèmes biologiques" proposes en début de chaque leçon:

*Page 50: Problème biologique*
De nombreux animaux aériens possèdent des poumons qui leur permettent de respirer dans l'air. Nous étudierons dans cette leçon comment fonctionnent ces organes respiratoires.
*Page 56: Problème biologique*
De nombreux animaux aquatiques ne quittent jamais leur milieu. Ils respirent donc dans l'eau, moins riche en oxygène que l'air. Pour beaucoup de ces animaux, ce sont les branchies qui permettent la respiration dans l'eau. Nous étudierons dans cette leçon comment fonctionnent ces organes respiratoires.
*Page 62: Problème biologique*
Certains animaux ne présentent aucun mouvement respiratoire dans l'air ou dans l'eau. Ces animaux, qui n'ont pas d'organes respiratoires spécialises, respirent au travers de la paroi du corps. C'est ce mode de respiration que nous allons étudier dans cette leçon.
*Page 66: Problème biologique*
Les insectes terrestres ne possèdent pas de poumons, les insectes aquatiques n'ont pas de branchies; leur corps est généralement recouvert d'une cuticule perméable. Leurs organes respiratoires sont des trachées, dont nous étudierons le fonctionnement dans cette leçon.

Aussi bien l'introduction que les " problèmes" énonces au début de chaque leçon ne fournissent qu'en fait que des *réponses* ouvrant sur la description d'un fonctionnement

Extrait de De Vecchi G.; Giordan A. *L'enseignement scientifique: comment faire pour que " ça marche ? "* Collection Giordan A. et Martinand J.L. Guides pratiques, Z'Editions.

Tableau 7. Evaluation des manuels par les enseignants.[a]

| Critère | Pourcentage des enseignants qui tiennent pour plutôt ou très satisfaisant le manuel le plus souvent utilise par les élèves en fonction de chacun des critères ci-dessous | | |
|---|---|---|---|
| | Primaire | Secondaire ler cycle | Secondaire 2eme cycle |
| Adaptation du contenu scientifique à la maturité intellectuelle de mes élèves | 84,4 | 78,8 | 83,3 |
| Rapport entre les objectifs du manuel et les priorités de mon enseignement | 78,0 | 73,5 | 75,8 |
| Facilité de lecture par les élèves | 72,7 | 75,1 | 73,7 |
| Illustrations, photographies, etc. | 85,2 | 79,6 | 77,4 |
| Activités proposées | 76,9 | 69,6 | 55,7 |
| Exemples canadiens | 56.1 | 49,8 | 28,8 |
| Descriptions des applications des sciences | 65,3 | 56,7 | 45,0 |
| Adaptation à l'élève peu doue | 46,0 | 30,5 | 25,7 |
| Adaptation à l'élève brillant | 78,5 | 72,4 | 79,5 |
| Renvois à d'autres ouvrages pertinents | 49,4 | 38,7 | 46,3 |
| Impression générale donnée | 76,0 | 75,1 | 74,9 |
| (N)[b] | (722) | (890) | (882) |

(a) Il s'agit d'évaluations de manuels précis signales par les répondants. Ce tableau donne une idée générale du degré de satisfaction des enseignants à l'égard des manuels que leurs élèves utilisent; voir le volume 1, Chapitre VI pour les évaluations de manuels particuliers.

(b) Seuls ont répondu à cette question ceux qui à la question précédente avaient signale un manuel. En outre , il y avait eu une erreur typographique dans le questionnaire , ce qui fait que beau coup n'ont pas donne de réponse.

Observation: En règle générale, les manuels sont considères comme satisfaisants, sauf pour les élèves peu doues.

Extrait de Alam I.; Orpwood G.W.F. 1984. L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. Volume 2: Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada, Etude *de documentation* 52, 125 p.

## Tableau 8. Analyse des instructions des manuels scolaires pour le tra -vail de laboratoire, après Orpwood et Souque (1984)

Tableau 8.1 Structure et analyse des travaux de laboratoire, ler cycle du secondaire: biologie (10) - pourcentages

| Structure | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a-1 expérience dirigée | 100 | 83 | 100 | 94 | 78 | 79 | 100 |
| a-2 expérience non dirigée | 0 | 17 | 0 | 6 | 22 | 21 | 0 |
| a-3 approche inductive | 30 | 0 | 57 | 95 | 39 | 21 | 100 |
| a-4 approche déductive | 50 | 100 | 61 | 5 | 11 | 79 | 0 |

Tableau 8.2 Structure et analyse des travaux de laboratoire. Ier cycle du secondaire: sciences physiques C0) et sciences générales (30) - pour centages

| Structure | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a-l expérience dirigée | 100 | 86 | 100 | 0 | 100 | 100 | 72 |
| a-2 expérience non dirigée | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| a-3 approche inductive | 25 | 70 | 42 | 95 | 98 | 0 | 39 |
| a-4 approche déductive | 75 | 30 | 42 | 0 | 2 | 100 | 17 |

Tableau 8.3 Structure et analyse des travaux de laboratoire. 2eme cycle du secondaire: chimie (50) - pourcentages

| Structure | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a-l expérience dirigée | 100 | 100 | 95 | 78 | 96 | 87 |
| a-2 expérience non dirigée | 0 | 0 | 5 | 22 | 4 | 16 |
| a-3 approche inductive | 9 | 93 | 58 | 83 | 21 | 58 |
| a-4 approche déductive | 36 | 7 | 47 | 17 | 91 | 48 |

Tableau 8.4 Structure et analyse des travaux de laboratoire. 2eme cycle du secondaire: gie (40) et physique (60) - pourcentages

| Structure | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a-l expérience dirigée | 100 | 100 | 98 | 89 | 100 | 100 | 100 | 0 |
| a-2 expérience e non dirigée | 0 | 0 | 2 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| a-3 approche inductive | 96 | 30 | 39 | 78 | 98 | 93 | 0 | 57 |
| a-4 approche déductive | 4 | 70 | 61 | 44 | 2 | 15 | 100 | 15 |

En fait, il faut à l'instar de Martinand (1989), poser le problème de l'évaluation des manuels scolaires de façon différente, d'une part en soulevant les contradictions qu'il faut surmonter, et d'autre part en tentant d'en définir les fonctions spécifiques (cf Tableau 8).

Martinand décrit trois contradictions fondamentales:

- le conflit de pouvoir: c'est-à-dire qui a le pouvoir par rapport aux élèves, le maître ou le manuel ?
- l'antagonisme de taches: si l'apprentissage des sciences consiste à faire soi-même des expériences, un bon livre de science doit-il décrire des expériences (qui, au demeurant, ne seront généralement pas réalisées par les élèves) ? Ou doit-il favoriser une activité d'expérimentation ?
- une contradiction sur les démarches: si apprendre les sciences passe par l'élargissement et la restructuration de son propre savoir, quelles sont les caractéristiques d'un manuel qui favorisent cette restructuration ?

Après avoir défini les principales contradictions des manuels de sciences, Mardnand décrit les principales fonctions que doivent remplir ces manuels. Il convient d'abord de mettre en place pour des activités d'apprentissage scientifique une multiplicité activités documentaires. " Déchiffrage, comparaison, synthèse, critique, devront s'exercer sur des documents varies jouant des fonctions différentes. Les fonctions des documents doivent donc s'accorder avec les moments et les buts des activités, et non l'inverse comme tendent à faire croire ceux qui placent l'information à la base de l'acte d'apprendre, et le centre de documentation au coeur de l'école. Du point de vue d'une démarche expérimentale, nous avons besoin:

- de matériaux pour la mise en situation favorisant étonnement, conduisant au questionnement, suggérant des rapprochements;
- de matériaux bruts pour donner des réponses à des questions factuelles ou à des besoins pratiques, comparer, généraliser;
- de matériaux élabores pour compléter, appliquer, intégrer, structurer;
- de directives de travail, problèmes, fiches activités, contrôles " (Martinand, 1989).

# 4. L'évaluation

*4.1 Quelle est l'importance des différents types d'évaluation ?*

II " existe " de nombreux types d'évaluation qui sont définis en fonction des objectifs poursuivis et/ou des conditions dans lesquelles ils sont réalises. On peut, dans un premier temps, opposer l'évaluation continue à laquelle procède l'enseignant dans sa classe et de façon régulière, à l'évaluation ponctuelle qui est effectuée lors des contrôles en fin de cycles (examens, ou concours). L'évaluation continue par l'enseignant a pour but de suivre l'évolution de ses élèves, alors qu'une évaluation ponctuelle sert à établir un bilan à l'issue d'un cycle donne d'enseignement. Mais dans la pratique, certaines " contaminations " apparaissent: L'examen terminal étant conçu comme résultant, au moins en partie , d'un certain nombre d'évaluations continues. On peut aussi distinguer trois types d'évaluations, selon la décision qui doit en découler: L'évaluation prédictive, L'évaluation formative et l'évaluation sommative. Le premier type est celui qui intervient lorsqu'on veut savoir si un sujet possède les capacités nécessaires pour s'engager dans un apprentissage donne; c'est une évaluation à fonction d'orientation.

L'évaluation formative a, elle, une fonction de régulation. Particulièrement utilisée dans la formation des adultes, elle prend une importance croissante en formation initiale; elle a, entre autres avantages, de rendre plus clairs les rapports entre enseignants et enseignes. Selon Host*: "Il faut donner une véritable importance à l'évaluation formative au sens large, pour que les élèves puissent suivre leurs progrès. Autrefois, 50 % des cours de sciences étaient consacres aux séances de travaux pratiques, le maître passait auprès de chaque groupe d'élèves, ce qui lui permettait de faire des rectifications individuelles tant sur les attitudes que sur les méthodes. "

Enfin, L'évaluation sommative, pratiquée au terme d'une période remplit une fonction de certification (examen) ou de classement (concours).Il peut y avoir aussi des confusions entre ces types d'évaluation. Ainsi, le contrôle continu est " matérialise ", dans l'enseignement secondaire, par l'existence du livret scolaire qui suit l'élève depuis le début de sa scolarité jusqu'au baccalauréat. Les informations relevant du

contrôle continu (livret ou dossier scolaire partiel) ont une influence limitée sur le résultat du baccalauréat, mais une importance nettement plus grande pour l'admission en classe préparatoire et dans certaines écoles ou universités qui recrutent sur dossier (les décisions concernant ces admissions sont prises avant la session du baccalauréat). L'utilisation d'une évaluation continue à des fins certifications (baccalauréat) ou prédicatives (acceptation de l'élève dans une voie postbaccalauréat), fait donc partie des confusions si souvent observées.[14]

### *4.2 L'apprentissage expérimental est-il évalué et pris en compte ? Comment ? Doit-il être au baccalauréat ? Pour quels élèves ?*

C'est au cours des séances de Travaux Pratiques que les élèves eux-mêmes effectuent un travail expérimental. Un compte rendu écrit peut être demande aux élèves. L'évaluation " traditionnelle " par l'enseignant présente une composante de type formatif, à travers les indications données pendant la séance et celles qui sont portées sur le compte rendu, et une composante sommative, quand une note est attribuée à ce même compte rendu.

Il est maintenant reconnu que cette évaluation n'est pas vraiment satisfaisante et, suite à l'apport des olympiades nationales de la chimie et des recherches portant sur l'évaluation du travail expérimental, des essais sont pratiques, en vraie grandeur, dans des classes y compris en terminale.[15]

14. On peut signaler à cet égard que le ministère de l'Education nationale en France étudie actuellement la possibilité d'introduire une partie d'évaluation continue dans l'examen terminal (baccalauréat).

15. Inspection générale de physique et de chimie, Rapport sur l'évaluation des activités expérimentales des élèves en physique et chimie pour l'année scolaire 1991-1992 ministère de l'Education nationale. Une évolution similaire est décrite par Layton D. Innovations dans l'enseignement des sciences et de 1s technologie, Vols. I, II, III, UNESCO.

En ce qui concerne la prise en compte de l'apprentissage expérimental au baccalauréat, de nombreuses contradictions sont mises en évidence depuis une trentaine d'années. Ainsi, Rumelhard* souligne: " Dans son travail doctoral, Babacar Guye, (de Dakar), a fait un historique de évolution des sujets de sciences au baccalauréat en France. Sous l'impulsion de nombreux scientifiques, des séances de travaux pratiques se sont développées au sein des cours de sciences. Par la suite, le problème de l'évaluation s'est posé:

- faire faire des travaux pratiques au bac paraissait financièrement irréaliste, au concours du capes, à l'agreg, oui, mais c'est tout. Pour le baccalauréat, l'administration proposa d'abord de demander aux élèves de présenter un cahier de travaux pratiques (une idée un peu folle, parce qu'un cahier de travaux pratiques, ,ca se recopie en 1 heure). Rapidement, les professeurs ont refuse cette évaluation. En 1969, Campan dit " on va leur décrire des expériences et ils vont les commenter... " Quels commentaires demander ? Est-ce qu'on ne pourrait pas apprendre par coeur le commentaire d'une expérience ? Qu'est-ce qu'il y a à dire sur une expérience ? 25 ans après, on n'a pas bouge, parce que personne ne sait quoi faire sans recommencer ce cycle. "

En fait, depuis 1990, une des questions de l'épreuve de physique et chimie doit obligatoirement être en relation avec les travaux pratiques (elle représente au moins 25 % de la note totale de l'épreuve qui comporte, suivant la section, 4 ou 5 exercices). L'introduction de cette question " expérimentale " a eu des effets bénéfiques sur les pratiques en classe, puisque l'inspection générale a constate que moins de professeurs remplaçaient les séances de TP par des exercices, en fin d'année de terminale. Néanmoins, le fait qu'il s'agisse d'une question écrite permet encore un bachotage sans réel contact avec l'expérience. C 'est la raison pour laquelle, Astolfi* croit: " qu'il serait important au niveau des examens qualifiants d'avoir des aspects lies à la manipulation pratique, des aspects lies aux spécificités des objets en sciences expérimentales. Cela oblige l'élève à faire fonctionner les opérations logiques sur un réfèrent qui n'est pas le même, sur des objets qui résistent, sur des matériaux qui n'obéissent pas au doigt et à l'oeil, sur la gestion de l'imprévu, autant d'aspects qui sont partie prenante des sciences expérimentales. "

Martinand* souligne également les contradictions du système actuel: " Si on pense que pratiquer une activité scientifique c'est faire des investigations, des enquêtes, c'est résoudre des problèmes et que la seule évaluation proposée consiste à vérifier l'acquisition de quelques compétences relativement comportementales, il y a contradiction entre les deux. En particulier de nos jours il n'est pas possible de défendre une conception dite constructiviste de l'apprentissage et de proposer des évaluations sur un référentiel de compétences. Si on évalue un référentiel, il ne s'agit alors plus réellement d'un apprentissage et encore moins d'une démarche de type scientifique qui est pourtant la justification de l'introduction générale des disciplines scientifiques. Il y a donc un vrai problème. Personnellement, je préférerais le choix effectue par les Américains: les " standards " qui constituent en fait des normes portant plus sur les activités, sur les moyens, donc plus sur l'obligation de moyens que sur l'obligation de résultats. "

Comme nous l'avons démontre dans ce chapitre, pour réussir une modification de programmes scientifiques, il faut avant tout planifier sa mise en oeuvre, bien analyser les besoins et/ou les contraintes, et surtout bien veiller à ce que l'ensemble des discours, pédagogique, administratif et financier soient à tous les niveaux en cohérence. Il faut donc du temps, pour réfléchir, pour expliquer. On doit aussi faciliter la recherche didactique locale en montant des projets, en développant des groupes locaux d'innovation (attention au problème de hiérarchie), pour permettre d'évaluer les réelles retombées, en gardant bien à l'esprit qu'il ne saurait suffire de résoudre une seule contrainte pour réussir. Cependant, il serait profitable également de promouvoir des nouveaux outils didactiques (cf *tableau 9*).

Tableau 9. Moyens servant à la préparation des cours

| | Proportions des enseignants tenant pour assez ou très importants divers moyens servant à la préparation de leurs cours (dans l'ordre) | |
|---|---|---|
| Moyens | Secondaire ler cycle | Secondaire 2eme cycle |
| Programmes officiels | 56,1 (8) | 48,0 (7) |
| Guides pédagogiques du ministère de l'Education | 43,3 (9) | 31,0 (2) |
| Manuels scolaires agrées au niveau provincial | 73,4 (3) | 78,0 (2) |
| Autres manuels scientifiques | 74,8 (1) | 81,5 (1) |
| Textes didactiques commerciaux | 59,4 (6) | 50,4 (6) |
| Textes didactiques élabores par mon école ou par ma commission scolaire | 60,5 (5) | 50,7 (5) |
| Textes didactiques d'associations d'enseignants | 31,3 (11) | 37,0 (9) |
| Textes didactiques (bibliothèque scolaire) | 74,5 (2) | 62,8 (4) |
| Publications des ministères | 29,8 (12) | 26,9 (12) |
| Magazines, revues, bulletins scientifiques | 69,1 (4) | 72,4 (3) |
| Moyens didactiques distribues gratuitement par l'industrie | 40,4 (10) | 32,4 (10) |
| Programmes (ou renseignements) à la radio ou à la télévision | 58,1 (7) | 44,0 (8) |
| Programmes informatiques | 11,6 (13) | 14,1 (13) |

Observation: Les manuels, agréés au niveau provincial ou autres, sont importants spécialement au niveau du ler et du 2eme cycle du secondaire. Les bibliothèques scolaires fournissent des moyens importants, surtout pour le niveau de l'enseignement primaire.

Extrait de Alam I.; Orpwood G.W.F. 1984. L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. Volume 2: Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada, *Etude de documentation 52,* 125 p.

Comme le souligne Souchon*: "Il y a un relais, au niveau de la transposition didactique, qui n'existe pratiquement pas. Il faudrait donc créer des groupes qui aient du temps pour constituer des dossiers " recherches documentaires ", de base sur l'histoire des sciences, par exemple, ... identifier les instruments qui ont été importants dans l'histoire des sciences et comment ils ont été conçus, pourquoi etc. (...) Ce serait un travail très important. Les Américains procèdent comme cela d'ailleurs dans les Collèges, dans les Universités, ils ont des séries de lectures, d'extraits d'articles, etc. Il faudrait donc qu'il y ait une réflexion approfondie sur les aides didactiques. "

Enfin, pour garantir le succès d'un enseignement, il faut lors de sa conception, prendre en compte les différents aspects lies aux théories de l'apprentissage.

# *Chapitre IV*
# Les méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Les recherches didactiques de ces dernières années ont surtout porte sur l'apprentissage des élèves en sciences. Les études sur les conceptions des apprenants qui ont été largement privilégiées dans les recherches didactiques ont profondément transforme les idées sur l'enseignement, et notamment sur le rôle de l'enseignant. Dans ce chapitre, après un bref rappel des théories de l'apprentissage, nous présenterons les principaux apports des recherches didactiques sur l'acquisition d'un savoir scientifique, et nous tenterons enfin de définir les paramètres qui peuvent faciliter l'enseignement des sciences.

## 1. Les théories de l'apprentissage[1]

Sur le plan philosophique, un vieux débat perdure sur l'origine du savoir qui transcenderait l'apprentissage. Il oppose les " innéistes " qui ont comme précurseur Platon aux empiristes guides par Aristote.

- Pour les " innéistes " comme Descartes (1693) " les idées innées sont en nous, et l'expérience grâce aux organes des sens ne fera que les réveiller. " De même, Leibniz (1754), précise que " L'esprit n'est pas une table rase, il a en lui quelque chose de préforme, il est comme un bloc de marbre que le marteau du sculpteur viendra façonner mais dans lequel se trouveraient déjà tracées, par la nature elle-même, des lignes de veines indiquant la statue. " Comme le souligne Develay (1992): " Les

1. Le terme de théorie n'est pas utilise ici dans son sens réel, car aucune théorie de l'apprentissage ne peut avoir un aspect prédictif. I1 s'agit donc bien plus, comme le souligne Develay (1992) de principes concernant l'apprentissage; ou même hypothèses d'apprentissage.

psychologues de la Gestaltz[2] chercheront à leur tour à identifier les formes, les structures que notre perception identifie prioritairement et qui nous permettent ainsi de penser le monde. Pour Kohler, Wertheimer et les gestaltistes, le monde qui nous entoure est constitue de formes organisées et la perception qui les identifie est elle-même organisée peut-être même avant la naissance. " Pour ces auteurs, les connaissances seraient donc principalement issues d'idées et de principes innés.

- A l'oppose, les " empiristes " comme Aristote adoptent le principe de " la tabula rasa ", c'est-à-dire que pour eux l'esprit est " comme une tablette ou rien actuellement n'est écrit. "[3] Ainsi, Condillac dans son Traite des sensations (1754) assimile l'élève à un " esprit purement passif recevant les impressions sans avoir même à réagir. " Le message de l'enseignant peut alors s'imprimer " comme dans de la cire molle. " Cette dernière vision transposée à l'enseignement a conduit aux aberrations dogmatiques que l'on peut relever quotidiennement. Nous ne décrirons pas cette pratique dans le détail. Tous les lecteurs ont en tête les caractéristiques des pédagogies dites " expositives ", " dogmatiques " ou " frontales. " Toutefois, nous voudrions préciser qu'elles ne se limitent pas aux cours magistraux. On peut les retrouver sous des " apparences neuves ", comme les classes " dialoguées ", " actives " ou sous certaines activités dites " de découvertes " ou " de redécouvertes " qui " ignorent les élèves et leurs idées. " Les plus caractéristiques dans le genre sont certaines pratiques de laboratoire, où certes les élèves bougent mais où le cheminement conceptuel est donne par les consignes. Les élèves se limitent à exécuter un mode d'emploi- dont ils ne maîtrisent ni la problématique, ni la démarche.

Pour mener à bien cette pratique, l'enseignant s'appuie sur des méthodes de présentation immédiate (le discours, le discours illustre par des objets, des images et même des expériences).Il faut dire que ces méthodes réussissent à certains moments et pour certains objectifs ou ont

2. Théorie psychologique et philosophique, due à Kohler, Wertheimer et Koffka qui refuse d'isoler les phénomènes les uns des autres pour les expliquer, et qui les considère comme de s ensembles indissociables structures .

3. Aristote, *De l 'âme, Paris,* Société d'édition des belles lettres, 1966.

réussi en d'autres temps, dans d'autres conditions, avec d'autres élèves. En cas d'échec, la difficulté se situe au seul niveau de l'élève. Ce dernier est alors considère comme " paresseux ", " inattentif ", ou " incapable. " La solution de remédiation envisagée est dans la contrainte et dans la répétition. L'enseignant reprend globalement les mêmes éléments, dans le même ordre en modifiant quelques mots, en variant certains aspects ou certains artifices de présentation. Ainsi, comme le fit remarquer Bert, ministre de l'Instruction publique en France (1881-1882): " c'est une méthode excellente et universellement adoptée que celle qui consiste à présenter à l'enfant pendant deux à trois ans, les mêmes notions dans le même ordre, suivant la même disposition générale. "

L'approche de type empirique s'est renforcée ces dernières années par l 'étude de l 'apprentissage en fonction des théories de l 'information. Les élèves sont devenus de " simples récepteurs d'un message " dont le contenu a été préalablement structure par l'enseignant. La construction des concepts est alors affaire de mémorisation, où les pratiques de résumes à apprendre par coeur. Pour des facilites de présentation, ceux-ci peuvent même être découpes en parties qui s'additionnent ensuite comme les " briques successives d'une maison. " C'est d'ailleurs sur ce postulat que reposent encore la plupart des programmes.

Cette position " empirique " induit enfin une conception particulière sur l'enseignement des sciences, celle de la " soumission aux faits ", qui est encore si prégnante dans les milieux scientifiques traditionnels (Bachelard, 1978; Driver et Easley, 1978). Nadeau et Desautels (1984) précisent à ce sujet: " Avec la constitution de la science moderne aux XVIe et XVIIe siècles, l'humanité occidentale a cru mettre la main sur la méthode scientifique par excellence. Cette méthode consisterait au départ à observer les faits eux-mêmes quels qu'ils soient pour en induire ensuite, par généralisation, L'hypothèse explicative. Dans cette perspective, la science aurait non seulement un commencement psychologique absolu, soit l'observation, mais également un fondement logique définitif puisque toutes les affirmations que l'on retrouverait dans la bouche des savants bénéficieraient d'un soutien inductif irrévocable. Caractériser la science comme étant fondamentalement une activité de cueillette minutieuse, ordonnée, voire même exhaustive des faits, c'est faire place à l'empirisme béat. "

• Au début du XXIe siècle, les premières théories dites " modernes " de l'apprentissage se sont intéressées aux apprentissages de type " mécanique ", où il s'agit d'accumuler une suite d'informations. C'est le cas de l'apprentissage skinnérien du type stimulus-réponse, encore appelé " apprentissage programme " (Holland et Skinner, 1961; Skinner, 1968), les points centraux de la théorie sont les idées de " conditionnement " et de " renforcement. " Le renforcement consiste pour l'élève dans le fait de savoir qu'il a donne la bonne réponse, lorsque c test le cas. Mais, pour que le renforcement soit efficace, il faut qu 'il porte sur une petite quantité d'informations. La théorie " behavioriste " conduit alors à décomposer la matière à enseigner en unités élémentaires de connaissance, chacune faisant l'objet d'un exercice particulier. Ce courant a connu un second souffle ces dernières années avec le développement de la pédagogie programmée et l'usage des didacticiels (Solomon, 1986). Priorité est donnée à la recherche des situations et des progressions qui doivent induire obligatoirement l'apprentissage désire. Il s'agit en fait de décrire la situation d'apprentissage en termes de stimulus agissant sur un sujet par l'intermédiaire de réponses se situant au niveau des automatismes. Ce type de théorie conduit à décomposer la tache de l'élève en unités faciles à acquérir et organisées logiquement, chaque élève travaillant à son propre rythme. Pour compléter, des renforcements sont mis en place. Si les pédagogies béhavioristes (ou programmées) conservent leur fécondité pour certains apprentissages techniques simples, elles apparaissent rapidement limitées des que l'on se trouve face à des apprentissages complexes qui ne peuvent se borner à une addition de comportements moteurs et verbaux. Ils ne peuvent d'autre part éluder complètement les savoirs extérieurs maîtrises par l'apprenant.

• Gagne (1965) est l'un des premiers psychologues " contemporains " à se pencher sur l'importance des connaissances antérieures dans l'activité d'organisation de l'élève. II distingue d'une part des concepts " concrets " dont l'apprentissage est base sur des propriétés observables (identification d'une classe au moyen de ses exemples) et d'autre part les concepts " définis " pouvant être appris au moyen d'une définition (c'est le cas des concepts relationnels). Pour lui, l'apprentissage scolaire se fait à travers le langage et les concepts concrets, ceux-ci sont progressivement remplaces par des concepts définis. Ainsi le concept concret " rond " est transforme en concept défini " cercle " (ou courbe dont tous les points sont à égale distance d'un point fixe appelé centre). L'apprentissage de

concepts définis conduit l'élève à exprimer la connaissance acquise par une démonstration ou une utilisation de cette définition. Malheureusement, la compréhension et la mémorisation d'un savoir scientifique ne peuvent se réduire au simple: décodage des éléments verbaux qui les expriment (décodage linguistique et sémantique), encore moins à une acquisition de données isolées. Par-delà l'apprentissage de chaque élément, il faut donc faire intervenir l'apprentissage de l'ensemble et cela en réponse à un questionnement spécifique. (Vezin, 1987).

- Au cours des trente dernières années, il faut également noter l'influence des recherches psychologiques. Elle a été si prégnante que de nombreuses écoles ont fait dériver les pratiques pédagogiques directement des présupposes psychologiques ou des résultats partiels obtenus par des méthodes cliniques. Parmi les chercheurs qui ont le plus d'audience, il faut citer: (Piaget, 1947, 1950, 1968; Bruner, 1966; Gagne, 1977; Ausubel, 1968; Wallon, 1945 et Kelly, 1962). Plus récemment, on peut ajouter Galpdrine; Vitgoski, 1930, 1934 et les psychosociologues du " conflit cognitif ": Moscovici, 1960); Doise, 1975 et Perret-Clermont, 1979.

## 2. Rapports de la recherche didactique à l'enseignement

Les recherches en didactique des sciences ont été suffisamment importantes pour avoir fait l'objet de synthèses intéressantes: notamment, (Pfundt; Duit, 1985, 1988; Giordan; Maranand, 1988), L'annuel Summary of research, les trois colloques organises par (Novak, 1983, 1987, 1993) sur " Misconceptions and educationnal strategies in science and mathematics " les travaux de Mintzes; Arnaudin, 1984 ou de Confrey, 1990 et plus récemment, Giordan; Girault; Clément, 1994. Il ressort de ces travaux un certain nombre de consensus concernant les processus d'apprentissage en sciences. De nombreuses études, entre autres (Host, 1977; Osborne et col., 1980; Sanner, 1980, 1982; Simpson et col., 1982; Pope, 1983; Kinnear, 1983; Novak, 1977, 1978, 1980, 1984, 1985; De Vecchi, 1984; Lucas, 1986, 1987; Giordan et col., 1987; Driver et col., 1978, 1989) montrent que l'apprenant n'apparaît plus comme " un sac vide que l'on peut remplir de connaissances " et encore moins comme un " objet de cire conservant en mémoire les empreintes qu'on y a moulées " (Condillac, 1754). De même, il ne s'agit plus de décrire l'apprentissage en termes de stimulus et réponses réflexes se

situant au niveau des automatismes, comme l'avaient propose (Holland; Skinner, 1961; Skinner, 1968).Il n'est plus question non plus de s'inscrire dans " un empirisme béat ", c'est-à-dire de penser que " la connaissance scientifique dérive de la seule observation des faits " (Nadeau; Desautels, 1984), point de vue corrobore par des travaux de (ShifEin, 1976; Giordan, 1978 et de Tiberghien et col., 1990). Enfin, l'élève n'est plus assimile à un système cognitif enregistrant et accumulant linéairement une suite d'algorithmes et d'informations. (Gagne, 1985).

A l'heure actuelle, les travaux de didactique mettent l'accent sur les activités de mise en relation que l'élève réalisé entre le savoir nouveau qu'il doit maîtriser et les connaissances préalables dont il dispose (Ausubel, 1968; Novak, 1985; Giordan et de Vecchi, 1987; Vinh Bang, 1989; Giordan et Girault, 1992). Pour résumer, nous pouvons dire que ces différentes études introduisent l'idée d'un organisme " acteur " construisant progressivement son savoir au cours de son histoire sociale. En d'autres termes, l'acquisition de connaissances procède d'une activité d'élaboration d'un sujet confrontant les informations nouvelles et ses connaissances antérieures. L'action " propre de l'élève est ainsi replacée au coeur de la construction de la connaissance ", soit sous forme du déjà la conceptuel défini par Astolfi et Develay (1989) ou encore sous la forme de l'univers conceptuel d'une personne, défini par Darre (1985). C'est l'apprenant et lui seul qui analyse, traite et structure ce qui provient de l'environnement (dont les situations proposées à l'école), afin élaborer sa propre réponse, et cela, en fonction de " son système de pensée " et de " ce qu'il perçoit des enjeux de la situation. "

Arrive à ce stade de la réflexion, la question didactique reste cependant entière. Peut-on faciliter l'acquisition du savoir ? Si oui, comment ? Certes, la connaissance des " conceptions " des apprenants apparaît dans la grande majorité des études comme une étape dans la voie d'une meilleure maîtrise des pratiques éducatives. Cependant, cette position, si elle semble nécessaire et même indispensable, montre très rapidement ses propres limites. En effet, la technique pédagogique la plus fréquemment employée dans ce cas consiste globalement à faire " parler " d'abord l'élève pour " mieux le connaître " puis à intervenir. à partir de la, certains chercheurs se contentent d'en retenir une information globale sur le public auquel ils s'adressent sans plus de précision. D'autres tirent

explicitement des indications spécifiques sur ses " possibilités intellectuelles ", sur " sa façon d'apprendre. "Il en résulte pour les uns, un processus d'éclairement global, car " enrichi par la connaissance des difficultés ", des apprenants, le " maître peut mieux permettre à l'élève de maîtriser une situation et la rendre intelligible. " " Inspire par une connaissance exacte des conceptions des apprenants, à la fois individuellement et au niveau du groupe classe, le maître peut adapter son action dans le cadre d'une stratégie d'ensemble ", tant sur le plan des finalités que sur celui des démarches, ou " choisir les activités éducatives qu'il pense être les plus adaptées. " Certains vont même jusqu'à construire un cours complet, un " module d'enseignement " ou même un " curriculum autour des représentations " (Calande et col.,1990).Il en découle pour les autres, un processus de " matching ", c'est-à-dire d'" ajustement constant des interventions du maître " en fonction du " développement de l'enfant ", l'action du maître étant choisie de façon à favoriser le processus d'accommodation. Ce dernier ne pouvant avoir lieu que si la " difficulté à résoudre est en rapport avec les possibilités de l'apprenant ", ou si " L'intervention du maître est située au niveau d'aider l'élève à réorganiser ses modes de pensée. "Il faut préciser que tous ne pensent pas utile de faire exprimer les élèves en classe pour connaître les conceptions. Une certaine expérience ou le produit de la recherche leur semblent parfois suffisants.

Ces diverses pratiques ont le mérite d'introduire dans la pédagogie, une centration non négligeable sur l'apprenant, " les domaines qu'il maîtrise ", " les moyens à sa disposition " et " ses façons d'apprendre. " L'enseignant se doit avant toute intervenbon pédagogique d'etre à " l'ecoute de l'élève ", d'adapter " ses finalites et son projet éducatif " à ce dernier. Cependant derrière cet aspect qui constitue une étape indéniable dans la maîtrise des apprentissages scientifiques se cache un certain nombre d'illusions pédagogiques. La principale découle de l'idée na•ve que la connaissance de l'apprenant est suffisante pour induire la " bonne pratique " le maître alors " éclaire par cette connaissance " propose d'emblée le cours adéquat et " triomphe des difficultés de l'élève. " Certains chercheurs vont même avancer une pratique linéaire: la connaissance ou la reconnaissance d'une difficulté de l'élève permet de choisir une action pédagogique spécifique. Devant un type de conception, il suffira alors " de dire ou de montrer " les éléments

nécessaires à son dépassement. " De la connaissance de l'apprenant découle (automatiquement) la bonne solution. " Sur un plan strictement pratique, il apparaît également que beaucoup d'enseignants et de formateurs s'illusionnent trop rapidement sur la connaissance des élèves. Après une brève expression des conceptions, expression presque ritualisée, ils pensent être suffisamment informes sur le système de pensée de ces derniers. Cette position demande ainsi d'être nuancée. Il semble nécessaire de connaître les conceptions d'un public par rapport à un phénomène donne. Cela constitue un aspect non négligeable de la formation indispensable à tout enseignant ou médiateur. Toutefois cette information sur le " sujet qui apprend " semble insuffisante sur deux plans. Elle ne permet pas d'inférer automatiquement la bonne intervention pédagogique d'une part; d'autre part, dans la grande majorité des cas, les conceptions de l'élève ne sont pas transformées s'il n'y a pas un travail pédagogique effectue directement sur elles.

Comme nous venons de le souligner, la seule connaissance des " conceptions " des apprenants ne permet d'inférer que des hypothèses très générales qui s'avèrent très frustes dans la pratique quotidienne. Des recherches spécifiques sur l'utilisation des conceptions en situation d'apprentissage sont à promouvoir. Des études précises dans ce domaine restent trop rares. Or ces recherches sont nécessaires, faute de quoi le concept didactique de " conception " risque de ne pas être opératoire. Les psychologues classiques ont certes essaye d'y répondre, mais ils ne se sont guère intéresses jusqu'à présent au contenu même des connaissances à transmettre, ni aux contextes et stratégies intervention, qui sont autant d'éléments fondamentaux dans une situation scolaire ou de médiation. C'est à l'intersection de ces préoccupations que se situe la recherche en didactique des disciplines, avec des enjeux aussi bien théoriques que pratiques:

- Enjeux pratiques parce qu'une meilleure maîtrise du recueil et de l'utilisation des conceptions des apprenants contribue efficacement à des choix en matière d'apprentissage (Giordan et col., 1978; Giordan; Souchon, 1991; Clement; Mein, 1987; Clement, 1984, 1988, 1991; Kinnear, 1983; Bernardini Mosconi et col., 1989; Borum,1988; Girault, 1987, 1990; Guichard, 1990). Des innovations et de nouvelles recherches sont à développer moins sur les conceptions en elles-mêmes que sur efficacité de leur utilisation au niveau de la pratique. De telles études peuvent

permettre de dégager une spécificité aux domaines des didactiques. Est-ce présomptueux de pronostiquer qu'en retour, elles peuvent fournir des éléments pour renouveler des questions classiques épistémologie et de psychologie concernant la construction de savoirs (Bednarz et Garnier, 1989; Giordan et col., 1989).

- Enjeux théoriques parce que les mécanismes précis d'acquisition de connaissances scientifiques spécifiques restent à élucider, ainsi que les interactions entre ces mécanismes et le contexte d'apprentissage (Ausubel, 1968; Novak, 1976; Giordan et col., 1983; Ndiaye; Clement, 1988). Au moment où s'écroulent de grands dogmes qui ont fonde certains choix pédagogiques actuels, et ou les sciences cognitives se développent et commencent à s'intéresser à ces questions, les recherches en didactique ont à relever des défis décisifs.

Certaines questions fondamentales restent donc posées, par exemple sur l'articulation entre les aspects cognitifs, affectifs (Larose; Girault, 1993, 1994) et procéduraux dans l'acquisition de savoirs, ou sur la nature des raisonnements, le rôle des images. à partir de leurs démarches et concepts, les recherches en didactique des sciences se heurtent à de tels enjeux, dont notamment l'articulation entre conceptions et connaissances (Giordan; Girault; Clement Ed., 1994).

Pour pallier ces insuffisances, il nous faut aujourd'hui, avancer un certain nombre d'éléments supplémentaires et les combiner autrement, ce qui nous conduit à promouvoir un autre modèle d'apprentissage: le modèle allostérique d'apprentissage4 (Giordan; De Vecchi, 1987; Giordan; Girault, 1992). Comme dans tout modèle, nous distinguerons, pour la commodité de l'expose, différents composants mis en interaction par un moteur d'inférence. Sur ce plan, un ensemble de points font aujourd'hui consensus, sur les façons dont les élèves élaborent les savoirs; nous les regroupons en cinq composantes:

(A) L'acquisition de connaissances procède d'une active d'élaboration d'un apprenant, confrontant les informations nouvelles et ses

4. II s'agit en fait d'un modèle métaphorique qui est base sur le modèle biochimique qui explique le mode d'interaction au niveau des divers sites fonctionnels des molécules. Si deux molécules s'associent au niveau de leurs sites privilégies, il s'agit alors un remodel age, une restructuration de l 'ensemble de la molécule.

conceptions mobilisées, et produisant de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations qu'il se pose. L'activité propre de l'apprenant est au coeur du processus de connaissance: c'est ce dernier qui trie, analyse et organise les données afin élaborer sa propre réponse. Toutefois ce processus n'est pas le fruit du hasard, il s'établit en fonction des structures de pensée en place (questions, cadre de référence, opérations maîtrisées) et des enjeux qu'il perçoit de la situation. Les conceptions ne sont donc pas uniquement le point de départ, ni le résultat de activité. Elles sont les instruments mêmes de cette activité, elles se remodèlent constamment: la nouvelle conception se substitue à l'ancienne en étant " intégrée " aux structures préexistantes dont dispose l'apprenant.

(B) Ce processus n'est pas immédiat: on observe très souvent que les nouveaux savoirs ne sont pas " compris " tout de suite par l'apprenant pour toutes sortes de raisons. En premier lieu, il peut lui manquer une information nécessaire. Dans d'autres cas, l'information nécessaire lui est accessible, mais l'apprenant n'est pas motive par rapport à cette dernière ou la question qui le préoccupe est autre. Troisièmement, l'apprenant est incapable d'y accéder pour des raisons de méthodologie, opérations ou de référentiels. Enfin, le plus souvent, il lui manque les éléments propres à la gestion effective de la compréhension.

(C) Dans le cas des apprentissages fondamentaux, on constate que le savoir à acquérir ne s'inscrit jamais automatiquement dans la ligne des connaissances antérieures; celles-ci représentent, le plus souvent un obstacle à son intégration. Il faut donc une transformation radicale du réseau conceptuel. Cela implique un certain nombre de conditions supplémentaires .

- *Premièrement*, l'apprenant doit se trouver en condition de dépasser l'édifice constitue par les savoirs familiers. Or cela n'a rien évident, car les conceptions qu 'il active correspondent aux seuls instruments qu'il a à sa disposition; c'est à travers elles qu'il décode la réalité. Il lui faut donc constamment remettre en cause ces dernières car celles-ci conduisent inévitablement à évidence et constituent ainsi un " filtre " de la réalité.
- *Deuxièmement*, la conception initiale ne se transforme que si l'apprenant se trouve confronte à un ensemble d'éléments convergents et redondants qui rendent cette dernière remplie de contradictions et donc, difficile à gérer.

- *Troisièmement,* l'apprenant ne peut élaborer un nouveau réseau conceptuel qu'en reliant différemment les informations engrangées, notamment en s'appuyant sur les modèles organisateurs qui permettent de structurer les savoirs autrement, pour répondre de façon plus pertinente par exemple, aux questions en jeu.
- *Quatrièmement*, les concepts en cours d'élaboration demandent à être - pour devenir opérationnels - différencies progressivement et délimites dans leur champ d'application au cours de l'apprentissage, puis consolides par une mobilisation du savoir dans des situations autres où ils peuvent être appliques.

(D) L'apprentissage des concepts suppose que l'élève exerce un contrôle délibère sur son activité d'étude et sur les processus qui régissent cette activité, et cela à différents niveaux. D'abord, l'apprenant doit réorganiser l'information qui lui est présentée (ou qu'il se procure) en fonction des appréciations qu'il se fait des situations, des significations qu'il élabore à leur propos, des représentations du savoir qu'il établit. Ensuite, l'apprenant doit concilier l'ensemble des paramètres précédents pour constituer - dans le cas où il peut être réutilise - un nouveau savoir. Enfin, il doit repérer les ressemblances et les différences entre les anciennes connaissances et les nouvelles et résoudre le plus souvent les contradictions.

(E) Enfin, tout se joue dans la durée: les apprentissages fondamentaux demandent du temps, ils passent nécessairement par une série d'étapes successives.

Si l'ensemble de ces conditions ne sont pas remplies, l'apprentissage de l'ensemble risque être compromis. Pour pallier ces insuffisances en matière d'apprentissage, il nous a donc semble utile de promouvoir un autre modèle (Giordan, 1987, 1989). Ce nouveau modèle tente de répondre directement et prioritairement aux questions liées à l'apprentissage. En outre, il permet d'inférer des prévisions: un ensemble de conditions propres à générer des apprentissages. C'est d'ailleurs ce dernier point, appelé environnement didactique, qui est le plus souvent sollicite (Giordan et Girault, 1992).

## 3. Un nouveau modèle d'apprentissage

L'appropriation de tout savoir dépend de l'apprenant, principal " gestionnaire " de son apprentissage. Elle se situe tout à la fois dans le prolongement des acquis antérieurs et en opposition à ces derniers. En effet pour tenter de comprendre, l'élève ne part pas de rien, il possède ses propres outils: les conceptions. Elles lui fournissent son cadre de questionnement, sa façon de raisonner et ses références. C'est à travers cette grille d'analyse qu'il interprète les situations auxquelles il est confronte ou recherche et décode les différentes informations qui l'interpellent. Cependant tout apprentissage significatif doit se réaliser par rupture avec les conceptions initiales de l'apprenant. Lors de l'acquisition d'un concept de large portée, l'ensemble de sa structure mentale est profondément transformée, son cadre de questionnement est complètement reformulé, sa grille de références, largement réelaborée. Ainsi, L'élève apprend à la fois "grâce à " (Gagne), " à partir de " (Ausubel), " avec " (Piaget) les savoirs fonctionnels dans sa tête, mais en même temps, il doit comprendre " contre " (Bachelard) ces derniers. En effet, pour apprendre, L'apprenant doit aller le plus souvent contre sa conception initiale, mais il ne le pourra qu'en faisant " avec ", et cela jusqu'à ce qu'elle " craque " quand cette dernière lui paraîtra limitée ou moins féconde qu'une autre déjà formulée.

### *3.1 Mobilisation des conceptions dans un apprentissage*

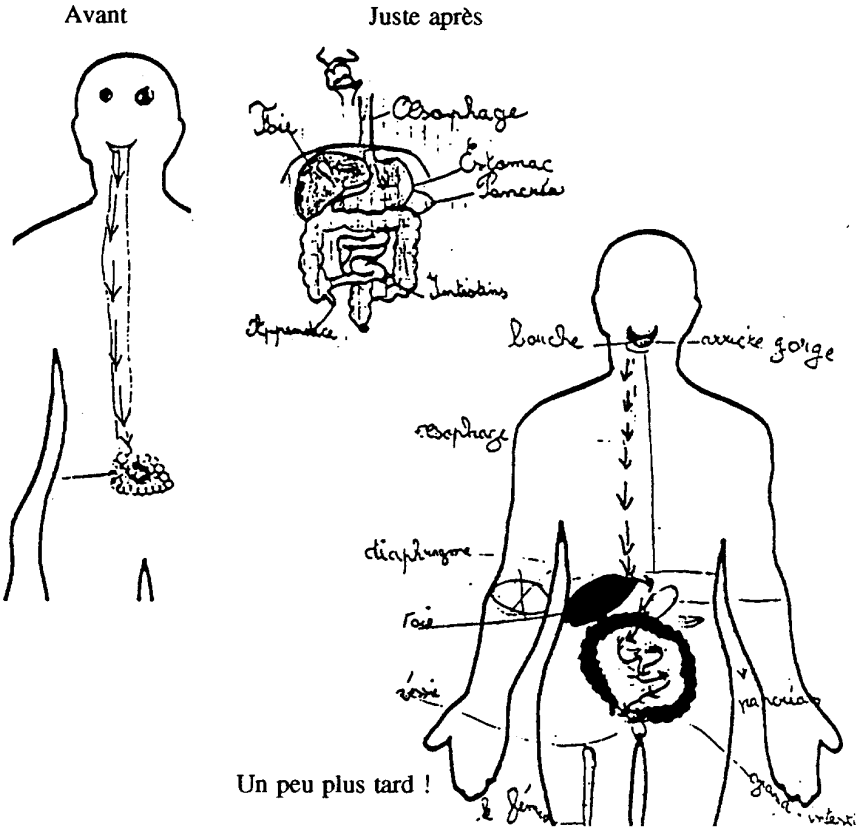
L'appropriation d'un savoir ne se réalisé pas seulement par une abstraction " réfléchissante. " Pour des apprentissages scientifiques, cette dernière peut être quelquefois déformante, le plus souvent mutante. Un nouvel élément conceptuel s'inscrit rarement dans la ligne des savoirs antérieurs. Au contraire, ceux-ci représentent fréquemment un obstacle à son intégration. Vouloir tout expliquer en termes " d'assimilation " ou " d'accommodation " tient de la gageure. Il faut envisager généralement une déconstruction simultanément à toute nouvelle construction. Pour qu'il y ait compréhension d'un modèle nouveau ou- mobilisation d'un concept par l'apprenant, l'ensemble de sa structure mentale doit être transformée. Son cadre de questionnement doit être complètement reformulé, sa grille de références largement réelaborée. Ces mécanismes ne sont jamais immédiats, ils passent par des phases de conflits ou d'interférences. Tout

est affaire d'approximation, de concertation, de confrontation, de décontextualisation, d'interconnexion, de rupture, d'alternance, d'émergence, de palier, de recul et surtout de mobilisation.

*3.2 Un environnement didactique*

Toute acquisition de connaissances procède donc activités complexes d'élaboration d'un apprenant confrontant les informations nouvelles et ses connaissances mobilisées et produisant de nouvelles significations plus aptes à répondre aux interrogations ou aux enjeux qu'il perçoit. Se constituent alors ce que nous appelons des " sites conceptuels actifs ", sorte de structure d'interaction aux rôles prépondérants dans l'organisation des informations nouvelles et dans l'élaboration du nouveau réseau conceptuel et sur lequel l'environnement didactique peut avoir prise. En effet, si l'apprenant peut apprendre, il ne peut le faire seul. Entre l'apprenant et l'objet de la connaissance, un système d'interrelations multiples doit s'installer. Celui-ci n'est jamais spontané, la probabilité pour qu'un apprenant puisse " découvrir " l'ensemble des éléments pouvant transformer son questionnement pour une situation quelque peu complexe ou favorisant les mises en réseaux est pratiquement nulle. Par contre, ces approches peuvent être largement favorisées par tout ce que nous appelons un " environnement ", mis à la disposition de l'apprenant. Par exemple, au départ de tout apprentissage, il faut pouvoir introduire une (ou plusieurs) dissonance qui perturbe le réseau cognitif dont sont constituées les conceptions mobilisées. Cette dissonance crée une tension qui rompt ou déplace le fragile équilibre que le cerveau a réalisé. Seule cette dissonance peut faire progresser l'élève dans son apprentissage. Dans le même temps, l'apprenant doit se trouver confronte à un certain nombre d'éléments significatifs (documentations, expérimentations, argumentations) et à un certain nombre de formalismes restreints (symbolismes, graphes, schémas ou modèles) pouvant être intégrés dans sa démarche. On peut ajouter qu'une nouvelle formulation du savoir ne se substitue à l'ancienne que si l'apprenant y trouve un intérêt et apprend à la faire fonctionner. à ces étapes également, de nouvelles confrontations à des situations adaptées, à des informations sélectionnées s'avèrent rentables.

Schéma 1. Difficultés évolution des conceptions: cas de la digestion




Ces trois schémas, effectues par le même élève à des moments différents, montrent bien la non-compréhension d'un certain nombre de questions liées à la digestion. En effet, la production effectuée juste après le cours est illusoire; elle peut faire croire à l'enseignant que le sujet a été intégré puisque le schéma semble mémorise. Le troisième dessin, réalisé un mois et demi après, montre un net retour en arrière, en particulier en ce qui concerne les aspects liaison foie tube digestif, rôle du gros intestin, absorption intestinale et, d'une manière générale, logique même du phénomène de digestion.

Schéma 2. Exemple de niveau de formulation en astronomie : les mouvements des astres

| *Niveaux de formulation* | *Champs de validité* |
|---|---|
| 3 – Le Soleil est une étoile qui appartient à la « Voie lactée » qui est une *galaxie*. Le Soleil *gravite* autour du centre de la Voie lactée (1 année galactique dure environ 200 millions d'années).<br>En fait, c'est tout l'*Univers* qui est en mouvement et l'ensemble des galaxies s'éloignent sans cesse les unes des autres dans un mouvement de « dilatation », comme si elles provenaient toutes d'un même lieu (théorie de l'expansion de l'Univers – « *big-bang* »). | Prochaine rupture ?<br>*Référence* : *Univers*<br>Intégration du facteur temps et de la théorie de l'expansion de l'Univers.<br>Par exemple à partir de 13 ans |
| 2 – La *Terre* est ronde. C'est une *planète* qui appartient au *système solaire* ; elle tourne sur elle-même (1 tour = 1 jour), même si on a l'impression que c'est le contraire. | Rupture<br>*Référence* : *système solaire*<br>Elargissement du concept d'espace et intégration de la relativité d'un phénomène.<br>Par exemple à 9 ans |
| 1 – Tous les *jours*, le *soleil* se *lève*, se déplace dans le ciel, se *couche*. | Rupture<br>*Référence* : *vécu quotidien*<br>Approche du concept de temps.<br>Par exemple à 4 ans |

## Schéma 3. Exemple de niveau de formulation en respiration

*3eme niveau de formulation*

• La plupart des êtres vivants, respirent (pour un très petit nombre d'entre eux la respiration est remplacée par un phénomène *de fermentation).*
• Ce sont *les cellules* qui respirent.
• La respiration correspond à une *oxydation lente* des *nutriments* qui permet de fournir de l'énergie aux cellules.

*Champ de validité:*

• Ensemble des *êtres vivants* (animaux, végétaux, microbes).
• La respiration se manifeste par des *réac - tions chimiques.*
• Ce sont les *cellules* qui " respirent."
• La respiration fournit de l'énergie.

a partir de 12 ans...
ou même plus tard !

*Concept de respiration*

*2eme niveau de formulation*

• La respiration se manifeste extérieurement par une absorption *oxygène* et un rejet de *dioxyde de carbone.*
• Les poissons et les plantes respirent eux aussi, même si les poissons vivent dans l'eau (et n'ont pas de poumons mais des *branchies)* et même si l'on ne voit pas les plantes faire des mouvements. Certains animaux peuvent respirer avec leur peau.
• Ce ne sont pas les poumons, mais les branchies ou la peau qui respirent, mais l'ensemble des *organes* du corps.
• Les poumons, les branchies, la peau ne sont que des *surfaces d'échanges à* travers lesquelles passent oxygène et le dioxyde de carbone.
C'est le *sang* qui transporte les gaz *respi - ratoires* des poumons (ou branchies) à tous les organes et inversement.

*Champs de validité:*

• *Animauxsupérieurs* (terrestres et aquatiques) ainsi que *plantes.*
• La respiration se manifeste par des *échanges gazeux* au niveau d'organes spécialisés.
• Ce sont les *organes* qui " respirent. "
• On " respire " de l' *oxygène.*

à partir de 9 ans

*1er niveau de formulation*

• Pour vivre, on a besoin de respirer *conti - nuellement* (même quand on dort).
Les animaux respirent aussi.
• Quand on respire, on fait des *mouvements réguliers; L'air* entre et sort par notre bouche ou/et par notre nez *(inspiration et expiration).*
• L'air va dans 2 poches qui se gonflent et se dégonflent, les *poumons.*

*Champ de validité:*

• Chez *l'homme* (et accessoirement quelques animaux supérieurs).
• La respiration se manifeste par des *mou - vements* observables.
• C 'est *l'organisme* qui " respire."
• On respire de *l'air.*

a partir de 4 ans

Faire naître chez l'apprenant une activité élaboratrice sur un tel sujet n'est pas simple. Les élèves ont l'impression de tout connaître, " la plante se nourrit dans le sol " et ils sont peu motives pour en savoir plus. Diverses situations peuvent interpeller l'apprenant avec succès: plantes sans sol, cultures hydroponiques, plantes de forets tropicales aériennes, lentilles, misères dans un verre. Il faut signaler l'importance de la maîtrise, au préalable ou en parallèle chez celui-ci, d'un certain niveau d'attitude et de démarche. Cela facilite le questionnement et une prise de recul par rapport aux phénomènes. Chaque fois une réelle confrontation est indispensable (confrontations élève-réalité, confrontations élève-élève) pour qu'il puisse expliciter sa pensée dans le cadre de travaux de groupe. De plus, divers travaux doivent l'amener à glaner un ensemble de données nouvelles pour enrichir son expérience par rapport à la question en jeu. Ils doivent le conduire à tester sa pensée par le biais d'observations ou d'expériences (variations des divers facteurs expérimentaux: lumière, température, concentration en C02, sels minéraux, etc.). Ils doivent entraîner à prendre du recul par rapport à ses évidences, le plus souvent à reformuler le problème (que veut dire se nourrir .v) ou/et à envisager d'autres relations (relation nourriture-énergie). La nécessité d'arguments divers est primordiale en la matière, l'enseignant ne doit jamais se contenter d'un seul, présente rapidement. De plus, tous ces éléments doivent être adéquats par rapport au cadre de références de l'élève, sinon, il les élude.

Pour les élèves maîtrisant bien la démarche scientifique, l'approche peut être facilitée par des confrontations élève-informations dans le cadre d'un travail documentaire (cultures sur sols divers, interactions de facteurs, rôle des engrais, de l'humus, du fumier). Toutes ces activités de confrontations doivent convaincre l'apprenant que ses conceptions ne sont pas adéquates ou sont incomplètes par rapport au problème traite, et éventuellement que d'autres sont plus opérationnelles.

Ensuite, l'apprenant doit avoir accès à un certain formalisme en tant qu'aide à la réflexion. Ce formalisme peut prendre des formes très diverses (schématisation, modélisation).Il doit être aussi facilement manipulable pour organiser les nouvelles données ou pour produire une nouvelle structuration du savoir (en tant que points d'ancrage). L'introduction d'un modèle global peut servir de " noyau dur " pour fédérer les

informations au fur et à mesure. Certains modèles partiels doivent être envisages de façon complémentaire pour préciser chacun des points (rôle de la lumière, des chloroplastes...) Enfin il faut ajouter que, pour que le concept de photosynthèse soit réellement opératoire, il est nécessaire de procurer à l'apprenant des situations où il pourra mobiliser son nouveau savoir et en tester l'opérationnalité et les limites (activités de cultures, chaînes trophiques).

## 4. Mise en place de méthodes d'enseignement

Les observations précédentes, ainsi que les directives qui en découlent ne doivent être appliquées dans chaque cas particulier qu'avec prudence et circonspection. Tout particulièrement l'attention du pédagogue doit être attirée par le milieu de vie de l'élève et la culture dans laquelle il baigne depuis son enfance et qui influence très fortement son comportement et sa manière de penser.

A cet égard, il est intéressant de rapporter le témoignage de Host* à la suite de son expérience africaine. L'auteur souligne que pour aboutir à un savoir maîtrise par l'élève et qui lui donne un véritable pouvoir, il faut qu'il le construise lui-même. Il ajoute qu'au sujet des pays qui ont peu de ressources et peu de possibilités de former des maîtres, de nombreuses idées banales viennent à l'esprit, mais ce qui l'a le plus frappe à Bamako c'est que les obstacles venaient de la culture même des élèves: z Par exemple, ils me disaient " vous avez dit cela... " (ils avalent pris des notes)... " or voici le livre... tel... page... il ne dit pas la même chose... alors quel est le texte juste ? " Il fallait leur montrer qu'il ne s'agissait que de formulations différentes d'une même idée, d'un même concept. Or, pour eux écrit avait une valeur absolue et littérale. " La persistance des cultures locales se manifeste chez les adultes; par exemple des licencies ou même des docteurs en pharmacie. Lorsqu'ils parlaient de maladies, ils me disaient: " Untel... quelqu'un lui a jeté une mauvaise maladie... " Ils étaient tous des scientifiques et c'était une représentation qui était restée intacte à l'intérieur du diplôme universitaire. Ils avaient fait des années université en France, pour certains pharmaciens... Donc le système de représentations que nous essayons de décrire chez nos élèves en France est beaucoup plus enracine dans les civilisations où elles sont l'expression d'une culture cohérente, qu'on est amené à reconstruire

(...)Il y a un point sur lequel on n'a pas assez insiste, un travail qui est beaucoup moins avance, et pas seulement en France...c'est les structurations: Comment construire les structures, et quelles structures construire à un niveau donne ? L'idée qui est derrière, c'est que l'enseignement par résolution de problème ne donne, stil est fait honnêtement, que des résultats ponctuels. Je crois qu'un résultat ponctuel est important parce qu'il sert de paradigme, de point de référence, comme un exemple en grammaire, mais si la généralisation se fait certes par le réinvestissement sur d'autres problèmes, elle se fait souvent par la confirmation du savoir constitue, du savoir socialise - soit le savoir du maître lorsqu'il s'agit de classes dialoguées, soit celui des documents -. On n'a pas le droit de rester sur le résultat ponctuel d'une expérience t Et ,ca, on le fait très peu, d'ailleurs comment en aurait-on le temps ? Et puis, il faut un système beaucoup plus souple. "

Au travers de l'apprentissage allostérique, de nouvelles fonctions pour l'enseignant ont été ainsi corroborées. Son importance ne se situe plus dans son discours ou dans ses démonstrations à priori, L'efficience de son action se place toujours dans un contexte d'interactions avec les stratégies d'apprentissage de l'apprenant. Notamment, les régulations qu'il peut introduire dans l'acte d'apprendre, pour fournir des repères ou pour partager des aides à la conceptualisation, s'avèrent premières. Tous ces aspects n'auront toutefois l'effet escompte que dans un contexte de formation des enseignants.

# *Chapitre V*
# La formation des enseignants

Dans de nombreux pays industrialises, et comme nous l'avons déjà souligne, l'enseignement scientifique fait l'objet de nombreuses critiques. Or, comme le précise Carbonneau (1993) " le lancement du Spoutnik en 1957 est venu cristalliser, dans le monde occidental, l'opposition entre la culture humaniste et la culture scientifique, voire technologique. Si jusqu'alors, le monde scientifique était relativement bien accommode d'un système d'éducation davantage sous le contrôle des hommes de lettres que des hommes de sciences, la démonstration frappante de l'avance soviétique dans la course à la conquête de l'espace devait fournir une tribune inespérée à certaine intelligentsia scientifique occidentale de même qu'a un éventail bien garni d'esprits critiques qui ont trouve la nature à nourrir leurs réserves, hélas trop souvent fondées à l'endroit des systèmes d'éducation. " L'ensemble des acteurs de l'enseignement scientifique ont donc été en quête d'une redéfinition de leurs rôles respectifs et de leurs charges et ce pour diverses raisons En effet, ballottés par des courants idéologiques, renforces par des intérêts économiques, et soumis à la pression du monde technologique, les acteurs de l'enseignement scientifique ont voulu, pour assurer une cohérence, instituer de nouveaux programmes. Ainsi, les pays industrialises ont successivement modifie, dans le but de le revaloriser, le système de formation des enseignants. Cette tendance[1] qui semble irréversible confie aux universités

1. Comme le rapporte De Landsheere (1992) " l'enseignant peut se concevoir comme un artisan qui a appris son métier auprès d'un maître dont il imite les façons de faire, elles-mêmes issues en partie de l'expérience accumulée des prédécesseurs. La conception opposée est celle de " professionnel " au sens d'un spécialiste qui pratique son art en l'appuyant autant que possible sur des connaissances théoriques expérimentalement validées. "

un rôle prioritaire dans la formation qui devient donc plus homogène et de fait plus professionnelle. " Tous les discours, toutes les propositions, à quelques rares exceptions près (Rosencrantz, 1982) convergent: viser à ce que la préoccupation à l'endroit de la qualité de l'enseignement devienne l'affaire de toute université pour offrir un modèle professionnel tout en assurant une meilleure formation de base des futurs enseignants, accentuer la dimension d'instrumentation pratique dans la formation pédagogique, développer une collaboration étroite avec les enseignants en exercice dans le cadre des programmes de formation initiale (écoles et enseignants associes, écoles, laboratoires etc.) augmenter la part des stages dans les programmes, favoriser l'émergence de recherches en collaboration, développer un corpus de connaissances propre à la praxis pédagogique. " (Carbonneau, 1993).

C'est dans ce cadre que se développe depuis plusieurs années une réflexion, dans de nombreux pays industrialises, sur le concept de professionnalisation des enseignants.[2] Mais, " si les futurs enseignants doivent oeuvrer et être perçus comme des professionnels, se pose d'abord la question du type de savoir dont ils doivent disposer pour arriver à ce statut, (...) puis on s'interroge sur les dépositaires de ces savoirs, sur les modalités d'élaboration de ces savoirs et sur les modalités les plus efficaces de leur transmission. " (Van der Marenj 1993). Nous allons donc dans un premier temps, tenter de définir les qualités requises pour un bon enseignant, et dans un deuxième temps nous définirons le type de formation professionnelle susceptible d'aider les jeunes maîtres à acquérir toutes ces compétences.

## 1. Peut-on définir un bon enseignant ?

Les courants actuels de recherche sur l'enseignement, dans le monde des sciences de l'éducation (Shulman, 1986; Clark, 1989), qui

2. A ce sujet, se reporter au numéro thématique de la Revue des sciences de l 'éducation, Vol. XIX, No. 1, 1993, La professionnalisation de l'enseignement et de la formation des enseignants, 257 p. Montréal.

s'intéressent à l'impact de l'éducation proposent trois approches de recherche, trois regards différents sur " le bon enseignant[3] ":

- Pour les uns, les bons enseignants sont des enseignants dont les élèves réussissent aux tests standardises. Cette analyse est directement issue des recherches développées de 1950 à 1970, sur le paradigme corrélationnel " processus/produit. " Il s'agit en fait de rapporter le comportement de l'enseignant (le processus) au score de l'élève à des tests d'aptitude et de connaissances (Brophy et Good, 1986). Selon les travaux de Rosenshine (1986) sur les " processus/produits ", les enseignants efficaces, commencent par faire connaître à leurs élèves les objectifs à atteindre, ils rappellent les apprentissages antérieurs pré-requis, présentent les nouvelles connaissances, et enfin, ils font pratiquer des exercices (feed-back rapide et exercices d'évaluation ponctuels).
- Selon Rochon (1989), l'enseignant efficace ou expert planifie ses cours, et fait usage du matériel en ayant une large connaissance de sa matière.
- Enfin, le troisième courant s'intéresse aux relations humaines que l'enseignant pourra nouer avec l'élève. Sa connaissance de la matière lui permettant à tout moment de se libérer du contenu, pour s'adapter au processus constant de transformation de la connaissance dont il est directement partie prenante (Shulman, 1990; Tochon, 1990).

En fait, les praticiens ont également défini des critères de compétences pour l'enseignement. Ainsi, selon Houston (1974) un bon élève-maître
doit atteindre cinq catégories d'objectifs:

- les objectifs cognitifs: à savoir une bonne acquisition de connaissances et d'habiletés données;
- des objectifs de performance: c'est-à-dire traduire ses connaissances en action;
- des objectifs axes sur les conséquences, soit savoir susciter un apprentissage donné;

3. Cette présentation très succincte de ces courants de recherche est tirée de Tochon F. Trois épistémologues du bon enseignant. Revue des sciences de l'éducation Vol. XVIILNo. 2. 1992. Montreal.

- des objectifs affectifs: faire acquérir une meilleure image de soi, susciter la curiosité et la tolérance; et enfin
- des objectifs exploratoires, c'est-à-dire susciter des situations, des activités favorables à des apprentissages positifs, non précisés d'avance.

Ces réflexions théoriques, permettent d'avancer dans le cadre de la recherche, mais n'ont pas toujours des applications directes à des fins de professionnalisation, c'est la raison pour laquelle nous allons tenter, en nous inspirant de divers travaux de recherche, de donner une définition du bon enseignant qui nous permette par la suite de déboucher sur des données pragmatiques. Tout d'abord, les recherches didactiques actuelles montrent que pour aider l'élève à élaborer des savoirs opératoires, le " bon " maître doit, certes avoir une bonne connaissance des processus d'apprentissage, mais aussi une bonne formation sur les contenus dont il a la charge.[4] Nous développerons d'autant mieux ce point de vue que nous ne pouvons être suspectes de ne pas nous intéresser aux apprenants car nos travaux de recherche conduisent à mieux les connaître à travers leurs processus d'apprentissage (Giordan; Girault, 1992). Mais cette connaissance s'avère limitée si l'on n'a pas un projet éducatif à mettre en place d'une part, et si l'on ne maîtrise pas les conditions et le contexte dans lesquels se déroulent les apprentissages, d'autre part. Autant d'éléments qui renvoient vers une rencontre entre l'apprenant et le savoir à " faire passer. "[5]

4. Le lecteur qui souhaite revoir les tenants et les aboutissants du conflit entre " les pédagogues s et " les disciplinaires " peuvent se reporter, à titre d'analyse de cas à l'article de Raymond Bourdoncle (1993): Evolution des sciences de l'éducation dans la formation initiale des enseignants en Angleterre. Revue des sciences de l'éducation, Vol. XIX, No. 1, 114-133.

5. Contrairement à une idée dominante, nous pensons que les deux aspects du contrat didactique - savoir pédagogique et savoir sur la matière à enseigner comme on les nomme habituellement - ne sont en aucune façon antinomiques. L'interaction entre les deux semble même devoir être privilégiée. Toutefois, comme nous le verrons cette approche conduit, non seulement à redéfinir ce que l'on entend par savoir pédagogique, mais aussi à reformuler ce que peut être une formation disciplinaire. Cette redéfinition est d'ailleurs d'autant plus fondamentale aujourd'hui que l'école retrouve une certaine importance aux yeux de la société, en tant que composante du développement économique.

Définir aujourd'hui une véritable expertise en pédagogie n'est pas chose aisée. La tache éducative s'est en effet complexifiée depuis quelques décennies par:

- le bouleversement des structures sociales;
- la remise en cause des 2 pôles d'action: enseignement et éducation;
- Le développement de techniques industrielles et de commerce.

Dans ce contexte, quelles aptitudes est-on en droit d'exiger d'un enseignant ? II doit savoir mettre en oeuvre un projet éducatif dans tout son développement. Cela signifie qu'il sait en définir les éléments: Objectifs, stratégies pédagogiques, aides didactiques, etc. et qu'il est capable de conduire ce projet jusqu'à son terme.

Devant l'impossibilité de tout prevoir,[6] un expert en pédagogie est également une personne qui possède la capacité de réguler et d'évaluer un projet (Bain, 1987). Eventuellement, il doit pouvoir la modifier de fond en comble, notamment si les élèves n'adhèrent pas au projet (pré-requis insuffisants) ou si les objectifs fixes ne sont pas atteints. Il faut ajouter que dans le cas où: le projet éducatif se situe dans le cadre d'un programme déjà défini ou dans un ensemble institutionnel très fort, un expert en pédagogie doit savoir en tenir compte. Son rôle ne s'estompe pas, bien au contraire il saura optimiser ces objectifs. Mais, voyons plus précisément ce que signifient ces différents points ?

### *1.1 Définir un projet éducatif*

Savoir définir un projet éducatif apparaît comme une des premières qualités d'un enseignant. Ce dernier doit être, en effet, capable de concevoir et d'organiser un ensemble activités éducatives. Cela signifie

6. Selon la célèbre formule de Popham (1967) " La qualité de l'apprentissage que l'on pressent dans une situation d'enseignement donnée est fonction d'une méthode particulière, employée par un professeur particulier, pour des étudiants particuliers, poursuivant un but particulier. "

7. Si le lecteur veut approfondir la question des objectifs pédagogiques, se reporter a: Bonboir (1974); De Ketele (1975); D'Hainault (1977).

qu'il sache choisir des objectifs éducatifs possibles, généralement pour le moyen ou le. long terme, et définir des niveaux d'exigence pour un public particulier (*cf Tableau 10*).

Tableau 10. Quelques questions préliminaires à l'établissement d'objectifs

1. Face à un même objectif, les éducateurs font-ils correspondre les mêmes comportements ou les mêmes catégories de comportements observables ? II s'agit du problème de la validité-accord.

2. Les apprenants peuvent-ils aborder l'apprentissage avec fruit ?
   a) L'apprenant a-t-il la structuration cognitive suffisante ? (voir Piaget)
   b) A quel niveau d 'évidence et de représentation se situe la maîtrise de L'objectif ? (voir Bruner)
   c) L'apprenant maîtrise-t-il les pré-requis de l'apprentissage envisage ? (voir Gagne)

3. Les apprenants sont-ils capables d'atteindre la maîtrise de l'objectif, vu les contingences et restrictions diverses ? On parle alors de l'accessibilité de L'objectif.

4. L'éducateur sera-t-il compétent, c'est-à-dire capable (moyennant une éventuelle formation complémentaire) d'orienter l'apprentissage envisage ?

5. Quelle est la valeur cumulative de l'objectif ?
   a) Est-il un pré-requis pour d'autres objectifs ? On parle ici de la valeur hiérarchique d'un objectif.
   b) Quel est son pouvoir de transferabilité à d'autres situations ?
   c) Comment s'intègre-t-il dans l'ensemble des objectifs ?

6. L'objectif maîtrise à court terme le sera-t-il encore à long terme ? On évoque ici le degré de maintenance ou de conservation de la maîtrise d'un objectif.

7. Quel est le degré d'utilité de l'objectif pour la vie quotidienne ou profession

8. Quel est le degré de complexité des " *principes procéduraux* " nécessaires pour l'apprentissage de l'objectif ? Ceci doit être mis en relation avec la transferabilité.

9. L'objectif est-il *intéressant* aux yeux de l'apprenant ou peut-il créer chez lui *L'intérêt* ?

(1) à nos yeux, les objectifs terminaux globaux devraient être hautement z utiles. à
Extrait de De Ketele. 1987. Observer pour éduquer (p. 58). Ed. Peter Lang Collection exploration. Recherches en sciences de l'éducation.

II doit, par la suite, envisager les grandes lignes d'un plan d'action à mettre en oeuvre et concevoir dans le détail des séquences, des ressources (matérielles ou humaines) pour parvenir à ses objectifs. Enfin, il doit prévoir une programmation hebdomadaire, mensuelle ou pluriannuelle... ou interdisciplinaire, suivant le type de finalités qu'il s'est fixe. En d'autres termes, un " bon " enseignant sait construire un dispositif d'apprentissage avec une progression adaptée. Selon les publics ou les contraintes diverses, ce peut être une pédagogie frontale, une pédagogie des situations-problèmes, une pédagogie du projet, etc.

Quand activité est soumise à un programme institutionnel ou à un projet d'établissement, L'enseignant peut recevoir un certain nombre de directives plus ou moins contraignantes (curriculums, programmes d'enseignement, projets d'études suivant les cas). Dans cette situation, un expert en pédagogie doit savoir contextualiser ou optimiser le projet ou le programme. Eventuellement, il doit convaincre sa hiérarchie de l'inadéquation des finalités au public ou des contraintes aux finalités. Il aura d'autant plus de chance de faire " passer ses idées " qu'il saura proposer des solutions de rechange.

*1.2 Mettre en oeuvre un projet éducatif*

Une fois la phase de réflexion et celle de préparation terminées, se situe la phase la plus délicate: celle de la mise en place du projet éducatif. L'expert en pédagogie se doit de toujours concrétiser son projet et ses objectifs. Pour cela, il doit d'abord créer une (ou plusieurs) situation(s) de démarrage. Cette phase est très délicate car elle conditionne toutes les autres: elle doit motiver l'élève, à la fois par rapport aux taches, et par rapport aux savoirs en jeu. Ensuite, il faut proposer des activités diverses pour avoir quelques chances de toucher l'ensemble des élèves. Diverses phases peuvent alterner, notamment des phases d'investigation, de structuration. Des périodes de mobilisation des savoirs acquis par les élèves doivent également être incluses pour permettre à ces derniers d'en cerner l'intérêt ou l'opérationnalité relative. Enfin, on doit constamment conseiller et fournir, au fur et à mesure , les ressources qui vont faciliter la tache de l'élève. Pour mener à bien de telles activités, L'expert en pédagogie se doit être réaliste, il prend constamment en compte son public et les conditions matérielles (nombre d'élèves, horaires,

espaces, matériels, personnes, ressources).Il intervient constamment sur la démarche d'apprentissage des élèves (même si les interventions les plus efficaces sont les plus indirectes).

*1.3 Réguler un projet éducatif*

Contrairement à ce que l'on pense habituellement, la mise en oeuvre d'un projet n'est pas la phase finale du processus éducatif. Vu la complexité du domaine, il devient irréaliste de penser maîtriser a priori les conditions éducatives. Tout projet doit s'ajuster et un certain nombre de paramètres sont à prendre en compte. Parmi ceux-ci, la personnalité des apprenants, L'histoire du groupe, le contexte de l'apprentissage, tiendront une place capitale. II s'agit alors d'apprécier efficacité des actions entreprises ou des aides-didactiques utilisées. En particulier, il s'agit de repérer les obstacles à l'apprentissage et d'adapter les ressources à évolution de l'apprentissage. Le plus souvent, il faudra même inventer en " temps réel ", sans pouvoir réfléchir sérieusement, aux alternatives (changement de situations, de type d'interventions ou de ressources). " L'action du praticien expérimente est montée comme un arc réflexe: les exigences de la tache ne lui laissent pas le temps de penser, il doit sentir la situation et y réagir " (Van der Maren, 1993). Cette rétroaction de la demande qui est à la fois " négative" et " positive ", selon les termes habituels de la cybernétique, implique que l'enseignant soit à même d'identifier, par des indicateurs, L'état de l'apprentissage et d'analyser les causes multiples de dysfonctionnement. " La perception est centrée sur un nombre limite de repères qui sont successivement et rapidement balayes, le praticien étant aux aguets du signal qui pourrait paraître et qui pourrait exiger un changement rapide de son programme d'action. En outre, éventail des repères balayes par la perception n'est pas fixe à l'avance même s'il est limite. Ne pouvant en surveiller un grand nombre, les sens sont centres sur un ensemble de signaux, sur une Gestalt (vision globale), un système, dont la composition est modifiée à chaque étape de l'action, à chaque perception d'une modification de son contexte. " (Van der Maren, 1993).

### *1.4 Evaluer un projet éducatif*

L'évaluation est aujourd'hui une composante essentielle de tout processus éducatif. En même temps qu'elle fournit à l'élève un " feed-back " sur sa progression, elle constitue pour l'expert en pédagogie un bilan portant sur:

- la qualité globale de l'action entreprise et sur efficacité spécifique de ses composants (choix des documents, interventions et attitudes de l'enseignant, etc.);
- Les acquisitions des publics (en termes d'attitudes, de démarches et de connaissances);
- Les cheminements et obstacles rencontres par ces derniers (accès au domaine, compréhension, interaction).

En d'autres termes, l'évaluation renseigne sur les moyens réellement mis en oeuvre et sur leur efficacité relative. La pratique de l'évaluation permet alors d'identifier la " rentabilité " de la communication et des ressources d'une part, et de mettre à plat les retombées réelles au niveau des publics vises et donc les objectifs atteints d'autre part. Ainsi, L'évaluation se doit être constante et fiable: elle repose pour cela sur des critères explicites. En particulier, ceux-ci doivent permettre de repérer fidèlement, par des épreuves ou des observations, la qualité des apprentissages des élèves. L'accent sera mis sur la progression par rapport au message prévu.

Bien que délicat et ayant encore peu d'antécédents, ce mécanisme est très important: il doit permettre à l'enseignant (mais aussi à L'institution) d'envisager les modifications nécessaires au projet initial. Celles-ci peuvent être immédiates ou pensées pour la cohorte suivante. C'est à nos yeux, le principal moyen pour faire évoluer et l'enseignant et le système d'enseignement dans son ensemble.

## 2. L'éducation: une science ou un art ?

En plus des nombreux points que nous venons de décrire, un " bon " enseignant doit aussi être compétent sur de multiples autres points. Il doit savoir par exemple:

- gérer des phénomènes relationnels (travail de groupes d'élèves, travail équipe pédagogique)8;
- maîtriser le système éducatif dans lequel il intervient, en prenant en compte son histoire, ses structures, sa dynamique (ou son manque de dynamique) et ses contradictions.

• II est capable de motiver, c'est-à-dire qu'il doit manifester un certain enthousiasme qu'il doit savoir faire partager. II doit aussi donner envie d'apprendre et de fournir des techniques d'apprentissage. Par-dessus tout, il sait fournir des repères à des élèves le plus souvent blases par l'école, émiettes et désinformes par les médias.

• II faut ajouter qu'un " bon" enseignant doit posséder un certain nombre de qualités personnelles. En particulier, il doit ne pas avoir peur des autres et posséder un minimum de contacts humains; il sait parler, se déplacer, être " bien dans son corps ", éventuellement il possède quelques intuitions théâtrales.

• Enfin, il doit pouvoir comprendre les enjeux affectifs de toute relation de communication, sans toutefois trop s'impliquer lui-même. Au contraire, il sait résister face aux agressions de tout ordre.

8. Michel Carbonneau (1993) précise à ce sujet: à La bonne organisation du groupe classe suppose une bonne connaissance du fonctionnement et de l'animation de groupe (gestion disciplinaire, intégration de la différence, multiethnicité), la connaissance de l'animation pédagogique (projets, ateliers, mises en situation technologiques) le savoir enseigner en situation de groupe (expliquer, questionner, capter l'attention, susciter l'intérêt, vérifier la compréhension) et la connaissance de son propre fonctionnement en groupe (assumer le leadership, identifier ses patterns de fonctionnement.

Tableau 11. La formation des maîtres : les quatre principaux modèles

| Paramètres 1 | Modèles empiriques | | Modèles rationnels | |
|---|---|---|---|---|
| Paramètres 2 | Situation naturelle | Situation artificielle | Situation artificielle | Situation naturelle |
| Sources | Tradition | Psychologie sociale | Université de Stanford | Courant de la pédagogie par objectifs et de l'analyse des interactions |
| Représentants | Pratique la plus courante | Linard... | Allen & Ryans | Pratiques récentes |
| Moyens privilégiés préconisés | Stages d'observation et d'enseignement dans les classes | Autoscopie avec animateur spécialiste en psychologie sociale | Micro-enseignement | Action en situation naturelle et recours à des grilles d'observation |
| Résumé des conceptions | La formation est basée sur :<br>• un apprentissage naturel (absence d'orientation, grande part de hasard) ;<br>• le principe implicite du « modelage » ;<br>• une évaluation finale globale, syncrétique et intuitive. | Conception empirique très large (sphère de la personnalité) :<br>• observation et révélation de « soi en interaction » dans un groupe restreint ;<br>• importance de l'observation du conflit et du feed-back ;<br>• souci d'évaluation apparemment absent. | Conception rationnelle stricte :<br>• modèle du « bon maître » ;<br>• déroulement en micro-séquences :<br>- objectifs restreints bien précisés<br>- démarches enseignées bien planifiées<br>- évaluation par rapport aux normes<br>• fondements :<br>- renforcement<br>- modelage | Conception rationnelle souple :<br>• objectifs explicites mais non déterminés de façon opérationnelle *a priori* ;<br>• apprentissage des comportements désirables en situation naturelle ;<br>• évaluation par rapport aux objectifs ;<br>• fondements :<br>- renforcement<br>- modelage |

Extrait de De Ketele. 1987. Observer pour éduquer. Ed. Peter Lang, Collection Exploration, Recherches en sciences de l'éducation.

Pour mettre en oeuvre de telles capacités, le " bon " enseignant ne peut compter uniquement sur son intuition personnelle. L'enseignement n'est pas seulement un art.9 Pour devenir expert en pédagogie, l 'enseignant doit donc acquérir un certain nombre de connaissances, de techniques ou de compétences au sens large (cf Tableau 11). Peut-on définir le type de formation professionnelle susceptible d'aider les jeunes maîtres à acquérir toutes ces compétences ? Malheureusement, dans le domaine des sciences et des technologies, nous ne disposons que de fort peu de travaux de recherche qui prennent en compte la spécificité du métier d'enseignant de ces disciplines. Nous allons donc, dans le prochain paragraphe, tenter de répondre à cette question en nous inspirant largement des travaux genevois (Huberman et Perrenoud, 1987; Cifali et Perrenoud, 1990; Perrenoud, 1993), sur les fonctions d'enseignants.

## 3. Importance et mode de transmissions des savoirs professionnels

Comme nous l'avons montre précédemment, l'expertise pédagogique regroupe trois grands ensembles que nous allons étudier successivement:

- Des connaissances liées à la spécificité de chaque discipline (savoir quoi apprendre, en se basant sur le pourquoi apprendre issu des savoirs savants des disciplines constitutives des sciences de l'éducation que sont la philosophie, la sociologie et l'histoire de l'éducation).
- Des savoirs concernant les élèves et en particulier leurs façons d'apprendre, (connaissance didactique et curriculaire, connaissance du développement de l'enfant, des méthodes d'apprentissage, connaissances pragmatiques sur les stratégies éducatives la vie de la classe).

9. Privilégier la connaissance disciplinaire, ignorer la formation professionnelle explicite, tout en se réfugiant dans l'exemplarité de l'amour disciplinaire est une position répandue, qui dépasse les clivages politiques. Elle est défendue soit par des auteurs français (représentant la gauche au pouvoir) comme Regis Debray, Elisabeth Badinter, ou Alain Finkelraut, soit par O'Hear et son éditeur: The Social Affair Unit (représentant la droite du parti conservateur en Angleterre). Ils ont en commun, comme le souligne Van der Maren (1993) " le souvenir de ce qui a fait d'eux des élites. "

- Des informations relatives à l'institution scolaire (connaissance des ressources du système scolaire et des divers partenaires) .

*3.1 L'acquisition de connaissances disciplinaires*

Si l'enseignement des sciences dans les classes de collège et de Lycée nécessité de la part de l'enseignant une bonne maîtrise des savoirs disciplinaires qu'il acquiert à l'Université, celle-ci n'est certainement pas suffisante pour diverses raisons.[10] Tout d'abord, les contenus disciplinaires traites dans les universités sont le plus souvent très différents des notions abordées dans les programmes du secondaire. Ainsi, Lefevre (1988), s'est intéresse dans sa thèse à l'enseignement de la physique et notamment de l'optique. II a compare les contenus des cours d'optique dispenses en licence à l'attention du CAPES de ceux enseignes en maîtrise de sciences et techniques par rapport aux connaissances du public. De son point de vue, pour les enseignants de Lycées, rien ne parait justifier les contenus du programme de licence.

D'autre part, la présentation des données scientifiques dans le cadre de l'enseignement secondaire ne doit en aucune façon être un condense des notions abordées à l'Université. Un futur enseignant de sciences doit donc apprendre durant sa formation initiale à modifier les concepts sans trop les dénaturer, c'est-à-dire à opérer une transposition didactique (Chevallard, 1985 ; Perrenoud, 1986). Host* précise à ce sujet que l'enseignant de sciences: " doit être capable d'inventer un corpus cohérent pour un niveau donne, ce qui diffère de la simple juxtaposition de résumes issus de l'enseignement supérieur. II peut à cet effet s'éclairer en partie par l'histoire des sciences. En effet, même si les principes organisateurs sont différents, on retrouve parfois dans les difficultés et les formulations du passe des éléments pertinents. Cependant, il faut parfois construire quelque chose de complètement nouveau. De ce fait, un

10. Astolfi et Develay (1989) ont déjà souligne l'intérêt qu'il y aurait à unifier au sein de l'Université les deux formations . " Ce serait l'occasion de travailler à partir des représentations des étudiants, d'envisager une réflexion épistémologique à propos des contenus abordes, intégrer une histoire des idées à l'exposition des savoirs...bref, intégrer l'amphi à la salle de travaux pratiques et à la classe. "La didactique des sciences. Que sais-je, No. 2448. PUF, Paris.

enseignant a besoin d'une formation épistémologique pour être capable de faire cette transposition. "

Ainsi, le futur enseignant devrait, lors de sa formation, prendre le temps de réfléchir sur la nature du savoir scientifique, sur les conditions de sa création, et de son enseignement au risque de contribuer durant sa carrière au renforcement de ce que Nadeau et Desautels (1984) nomment " L'idéologie scientiste. " Nous avons pour notre part eu l'occasion, dans le cadre de cours de didactique des sciences pour de futurs professeurs de l'enseignement secondaire, de demander à des étudiants en maîtrise de regrouper sur une semaine l'ensemble des articles scientifiques qu'ils pourraient trouver dans les quotidiens et hebdomadaires non spécialises. Ce simple exercice permet de souligner le désarroi de certains étudiants, ayant obtenu des résultats très brillants dans le cursus universitaire scientifique, mais qui n'avaient aucun regard critique sur le discours scientifique et sur sa production. Enfin, une approche de même type sur la démarche expérimentale s'avère être fondamentale pour permettre aux futurs maîtres de pouvoir transmettre à leurs élèves un tant soit peu d'esprit critique; voire même une sensibilisation à l'épistémologie.[11] Il en est de même pour l'histoire des sciences qui devrait reprendre une place importante dans la formation des maîtres et dans la formation secondaire. Celle-ci devrait en effet permettre éviter le piège du dogmatisme; car comme le précise Paty (1976) " L'étude parallèle des méthodes de recherche et de l'histoire de ces recherches devrait permettre de prévenir toute aliénation au mythe d'une sacro-sainte méthode scientifique non critique et intemporelle. "

Pour conclure sur ces aspects, nous voulons aussi attirer l'attention du lecteur sur le rôle fondamental des valeurs de l'enseignant. " L'éducation de l'éducateur n'est-elle pas à faire plus dans la connaissance de lui-même que dans celle des disciplines qu'il enseigne " (Laborit, 1991). Cette assertion souligne l'intérêt que porte certains chercheurs (Astolfi; Develay, 1989; Larose, 1992) à l'ensemble des valeurs qui animent un enseignant et qu'il transmet par la lecture qu'il effectue des instructions

11. Pour approfondir cette question se reporter au No. 12 de la revue Aster: L'élève épistémologue. 1991. INRP, Paris.

officielles, et dans la façon dont il définit ses objectifs pédagogiques et ses principes d'évaluation.

### *3.2 L'acquisition de savoirs concernant les élèves (en particulier leurs façons d'apprendre)*

En effectuant depuis une dizaine d'années des travaux limitrophes entre la pédagogie et le savoir disciplinaire, la didactique est une discipline qui émerge, dans le courant des sciences de l'éducation, tout en se forgeant ses propres concepts et méthodologies. Comme le remarquent Astolfi et Develay (1989) " La didactique, avec le " génie " pédagogique qu'elle commence à développer, propose différents concepts qui peuvent concourir à l'outillage des enseignants scientifiques en termes de prévision, d'observation, d'analyse, de gestion, de régulation et d'évaluation des situations d'apprentissage et d'enseignement. " (Cf Tableau 12).

Tableau 12. Concepts didactiques pouvant être utiles à l'enseignement

| Fonctions de l'enseignant | Concepts didactiques<br>Génie pédagogique |
|---|---|
| Prévision | Taxonomies d'objectifs<br>Trames conceptuelles<br>Registres de formulation<br>Pratiques sociales de référence<br>Situations didactiques<br>Variables didactiques |
| Observation, analyse | Représentations<br>Contrat didactique |
| Gestion, régulation | Objectifs-obstacles<br>Planning-bilan |
| Evaluation | Documents d'auto-évaluation<br>Grilles d'observation des attitudes et des méthodes |

Extrait de Astolfi J.P.; Develay M. 1989. La didactique des sciences, p. 115. PUF.

Nous n'avons pas pour objet ici de présenter l'ensemble des concepts de la didactique des sciences, nous pouvons à titre indicatif en citer quelques-uns comme celui de conception et ou de représentation[12]; celui de transposition didactique,[13] d'objectifs obstacles[14] et de contrat didactique[15]. Notre propos est bien plus de tenter de proposer divers modes de transmissions de ces savoirs dans le cadre de la formation des maîtres. Si les savoirs savants disciplinaires sont le plus souvent transmis (et bien malheureusement rarement reconstruits par l'étudiant) dans le cadre d'un cours en amphithéâtre, une telle pratique serait pernicieuse dans le cadre des savoirs savants en didactique des sciences. En effet, comme le souligne Astolfi*: " Ce sont le plus souvent les formes de la formation qui sont plus conservées que les contenus mêmes de la formation. Si un enseignant développe un contenu novateur, mais que la

12. Pour une approche pratique: Giordan A., De Vecchi G. (1987) L'enseignement scientifique: comment faire pour que " ça marche " Editions, Nice. Pour une réflexion plus théorique: Giordan A.- Girault Y.- Clement P. Ed. 1994. Conceptions et apprentissages. Ed. Peter Lang, Collection Exploration, Cours et contributions pour les sciences de l'éducation.

13. L'origine de ce concept provient d'un article remarquable de Chevallard Y., et Joshua M.A. (1982) Un exemple d'analyse de la transposition didactique; la notion de distance. Recherches en didactique des mathématiques, Vol. 3-1, Grenoble, La pensée sauvage. Ces auteurs ont analyse les transformations effectuées sur ce concept entre la définition proposée par Frechet en 1906, et son introduction dans les programmes de géométrie en 1971.

14. Ce concept a été introduit par Martinand (1986) Connaître et transformer la matière. Ed. Peter lang, Collection Exploration, Cours et contributions pour les sciences de l'éducation. Martinand propose d'utiliser la caractérisation des obstacles comme mode de sélection des objectifs, ce qui revient à dire en 2 mots qu'il ne faut pas sous-estimer l'obstacle si on veut le franchir, mais il faut le penser d'une manière qui rende possible son dépassement.

15. Guy Brousseau définit le contrat didactique comme " une relation qui détermine, explicitement pour une petite part, mais surtout implicitement, ce que chaque partenaire, L'enseignant et l'enseigne, à la responsabilité de gérer et dont il sera responsable, d'une manière ou d'une autre devant l'autre. Ce qui nous intéresse c'est le contrat didactique, c'est-à-dire la part de ce contrat qui est spécifique du contenu. " Brousseau (1986) Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. Recherches en didactiques des mathématiques, recueil 7.2, Grenoble, La pensée sauvage.

formation qu'il propose ne intégré pas, alors que vont conserver les apprenants ? Le modèle de formation pour le futur enseignant est donc fondamental car les principaux obstacles à l'innovation, proviennent du fait que le plus souvent, les futurs maîtres n'éprouvent pas suffisamment le bénéfice de ces nouvelles approches. "

L'enseignement de la didactique des sciences dans le cadre de la formation des maîtres à université doit donc pouvoir établir dans le cadre de travaux diriges avec un nombre relativement restreint d'étudiants[16] pour leur permettre réellement de travailler sur leurs propres conceptions (Clement et col., 1981; De Bueger-Vander Borght et col., 1989; De Vecchi, 1984, 1985), et de travailler réellement sur les divers concepts de la didactique des sciences (Astolfi, 1990).Il faut en effet au lieu de présenter de façon dogmatique les concepts de la didactique des sciences, donner la possibilité aux futurs maîtres, tout en s'appuyant sur ces concepts, de développer, d'évaluer, d'adapter diverses séquences pédagogiques et stratégies d'enseignement qu'ils pourront utiliser dans leurs classes.[17] La structure type travaux diriges, doit permettre de ne pas tomber dans le piège de la " recette " que l'on n'aura plus qu'a appliquer, il faut au contraire par un encadrement très personnalise, donner confiance aux étudiants sur leur capacité d'innovation en la matière, et leur responsabilité à devoir s'adapter sans cesse à l'évolution du groupe classe et de leurs élèves.

I1 serait d'autre part, illusoire de prétendre donner dans le cadre d'une formation initiale toutes les compétences nécessaires pour devenir " un bon enseignant. "Il faut donc choisir de traiter l'essentiel, tout en

16. Nous avons pour notre part eu l'expérience d'un enseignement de didactique des sciences qui s'adressait à une soixantaine de futurs maîtres. II est bien évident que ces conditions d'enseignement ne permettent pas du tout de proposer aux étudiants une approche réellement novatrice de l'enseignement.

17. Au niveau des Lycées et collèges, des travaux comme ceux de Durey (1981), explorant les réactions d'enseignants participant à l'essai d'un projet d'enseignement d'électronique devant les pannes de leur matériel n'ont, à notre connaissance, pas été renouvelés. La notion de panne est pourtant, essentielle en sciences expérimentales et technologie: par abandon, correction, exploitation, elles peuvent induire des modifications profondes du curriculum réel.

responsabilisant le futur maître sur sa propre formation professionnelle et de ce fait sur la nécessité de s'engager dans une démarche de formation continue. On devrait également dans le cadre de la formation initiale, prendre volontairement le contre-pied de la pratique courante du " chacun chez soi. " Un enseignant seul, isole dans un collège ou lycée ne pourra pas changer en profondeur ses approches pédagogiques. De plus nous avons vu dans le Chapitre In le rôle et l'importance du conflit cognitif dans un apprentissage. II convient encore une fois être cohérent avec le type d'approche que l 'on souhaite privilégier en le mettant en pratique dans le cadre de la formation des maîtres. II faut donc permettre le travail en équipe, la division du travail tout en assumant ce choix y compris dans l'évaluation.l8

L'enseignement " théorique " doit également être couple par un enseignement pratique " sur le terrain " (Colette, 1990), non pas, comme c'est le cas le plus souvent, en responsabilité totale de classe, mais en stage d'observation puis de pratique effective devant un maître de stage. Ces pratiques doivent faire l'objet de discussions et d'analyses car, des la formation initiale, il faut aussi faire prendre conscience aux futurs maîtres de l'intérêt de l'autotransformation continue (Perrenoud, 1988). En effet, les travaux sur le " praticien réfléchi " se développe actuellement dans le cadre de la recherche (Haramein, 1990; Lessard, Tardif et Lahaye, 1991; Maheu et Robitaille, 1991; Gather; Thurler, 1992).Il ne s'agit nullement de vouloir inclure les maîtres dans une démarche de recherche (ce qui en soi serait très profitable), mais bien plutôt, de leur proposer, des la formation initiale, des modèles de régulation de leur pratique par la réflexion sur et dans l'action (Perrenoud, 1993).

### *3.3 Acquisition d'informations relatives d l'institution scolaire*

S'il est bien évident qu'un futur enseignant doit durant sa formation initiale découvrir les éléments de base de l'institution scolaire (organisation, programmes, réglementation...) nous voudrions surtout insister sur

18. Nous avons dans le cadre d'un enseignement de didactique eu quelques difficultés à faire comprendre à certains de nos collègues l'importance que nous accordions à l'évaluation sur travaux de groupes. Pour ces derniers, le rôle de l'évaluation était prioritairement sélectif.

le rôle que peuvent jouer des organismes et des structures extrascolaires qui proposent souvent des actions de partenariat avec le milieu scolaire. Nous pensons aux musées, aux centres de culture scientifique et technique, aux diverses associations qui développent la pratique scientifique pour et auprès des jeunes. Si depuis de très nombreuses années les divers responsables pédagogiques de ces structures ont tente de contacter les enseignants en formation et ou en recyclage pour effectuer une simple publicité, de nos jours les réelles actions de formation se sont développées d'abord dans des pays anglophones (Beardsley, 1975; Haferkamp, 1984; Harrison, 1970; Lacey, 1980; Newson, 1978) puis dans des pays francophones (Dufresne-Tasse Ed., 1991; Girault, 1988; Girault Ed., 1992). Durant ces formations les enseignants peuvent s'initier à d'autres approches pédagogiques qui s'intègrent dans le champ muséal, mais qui ne sont pas des approches purement scolaires.

Ainsi, à titre d'exemple, dans le cadre d'une pédagogie muséale, le leitmotiv qui revient sans cesse est: L'observation. " Le musée est par essence dépositaire d'objets interprètes, témoins d'un passe , d'une société, d'une culture, voire même d'une civilisation, rassembles au sein d'une collection qui indique les différentes étapes de la progression de ce passe, de cette société, de cette culture, de cette civilisation. C'est donc à partir de cet objet évocateur que doit être centrée activité pédagogique au musée. "[19] Comme nous l'avons déjà souligne, pour permettre cette observation dans de bonnes conditions, et surtout pour permettre aux élèves d'en tirer un quelconque enseignement, il est indispensable de leur donner des éléments pertinents, un cadre de référence, bref de les préparer, car comme le souligne De Ketele " Les phénomènes les plus banals sont les plus méconnus et les plus galvaudes. L'homme de la rue croit bien connaître ce qu'est l'observation au contraire de l'homme de science qui

19. G. Vadeboncoeur. Lamise en place de modèles didactiques d'utilisation des musées: implications pour le monde des musées. Dans Musée et éducation: modèles didactiques d'utilisation des musées, 108 p., 1985. Société des musées québécois, Montreal.

sait comment ce processus si fondamental est en fait bien complexe. "[20] Le musée peut donc être un très bon outil pour " apprendre à observer. "

D'autre part, pour l'ensemble de ces établissements (Musées, Centres de culture scientifique et technique...), on se doit d'extrapoler le programme scolaire en donnant aux élèves une ouverture sur extérieur. On peut de ce fait: soit vouloir sensibiliser a..., soit vouloir donner l'envie d'en savoir plus sur..., soit enfin permettre aux élèves de reformuler des questions. Nous regrettons donc vivement que les classes de secondaire ne fréquentent que très rarement ces installations, et ce le plus souvent sous la pression des programmes. Si on peut aisément prendre conscience de l'impact que peut donner à des élèves du secondaire une visite dans un établissement qui aborderait par exemple le thème du génie génétique, des biotechnologies, de la biosphère..., nous pouvons témoigner, de par notre expérience personnelle, de l'intérêt manifeste par des élèves du même âge d'effectuer dans un parc zoologique une visite axée sur des notions de comportement animal, ou sur les recherches qui portent sur la reproduction et les inséminations artificielles. Une clarification de ces divers éléments dans le cadre de la formation initiale et continue des enseignants peut donc leur permettre par la suite d'utiliser ces divers possibilités[21] avec leurs élèves dans de bonnes conditions.

20. Cette remarque donnée dans un cadre d'observation de situations pédagogiques garde toute sa force dans le contexte qui nous intéresse ici. De Ketele, Méthodologie de l'observation. Bruxelles: De Boeck-Wesmael, 1988.

21. Nous encadrons depuis de nombreuses années des stages de formation d'enseignants dans les musées, et les résultats sont probants. Actuellement notamment en région parisienne, tous les grands musées et organismes scientifiques comme l'INSERM, organisent des stages spécifiques pour les enseignants soit dans le cadre de la formation initiale (IUFM) soit dans le cadre du Programme d'action et de formation du ministère de l'Education nationale.

## 4. Conclusion

Comme nous avons tente de le montrer, pour réussir, l'organisation d'une nouvelle formation des enseignants doit être mûrement réfléchie et cohérente dans l'ensemble du système éducatif.

- Mûrement réfléchie, car les jeunes maîtres d'aujourd'hui seront encore en exercice dans les années 2020-2030. Pour ne pas être trop rapidement désuète, cette réorganisation doit donc tenir compte des probables bouleversements scientifiques à venir, et des aspects développes: au Chapitre I (objectifs d'un enseignement scientifique ) et au Chapitre 11 (réflexion sur les programmes d'enseignement des sciences).
- Cette décision doit aussi intégrer de façon cohérente dans un processus de valorisation de la profession. Ainsi, comme le souligne Perrenoud, (1993) " Si la formation initiale prépare de nouveaux maîtres nettement surqualifiés par rapport aux salaires, aux conditions de travail, et aux normes du corps enseignant en place, soit les jeunes se détourneront de cette qualification illusoire, soit ils se résigneront à une régression vers une moyenne et s'adapteront sur le tas aux pratiques dominantes, en oubliant leur formation. "

D'autre part, Pelletier (1991), Carbonneau (1991, 1993) ont souligne les difficultés structurales des universités nord-américaines pour favoriser un réel essor de la formation des maîtres, et en Europe Tschoumy (199l), Bourdoncle et Louvet (1991) arrivent aux mêmes conclusions. Ainsi, comme le souligne Carbonneau (1993) " à former des professionnels réputés de seconde zone, à tort ou à raison, les lieux universitaires de formation en éducation, écoles, collèges: départements ou facultés, ont hérité d'un statut de seconde zone dans université. "[22] Si pour réussir

22. Les travaux de Schott (1989) • Judge (1982, 1991) • de Clifford et Guthrie (1988) présentent cette crise des universités américaines. Au Québec, le rapport du comité de l'étude sectorielle en éducation (1987) présente les problèmes et tensions concernant le statut des facultés et départements d'éducation, la qualité professionnelle de la formation et les efforts de recherche qui rappellent la situation américane.Le quasi-dédain des universitaires français pour les IUFM n'est guère différent.

un changement profond de l'enseignement des sciences dans une société, il semble indispensable d'y intégrer une modification de la formation, on voit encore ici que les décisions d'ordre politique et administrative sont fondamentales. Elles doivent d'abord s'assurer de prendre en compte l'ensemble des aspects pour garder une cohérence, mais il faut aussi ne pas oublier que de nombreuses modifications doivent intervenir y compris à université et qu'en l'occurrence de tels bouleversements ne peuvent se décréter dans un ministère: ils doivent être l'aboutissement d'un long processus de réflexion et échanges, et bien plus encore d'une adaptation des structures à ces objectifs.

# *Chapitre VI*
# Conclusion

Dans ce document, nous avons tente de dresser un état de la question des travaux effectues dans le. monde francophone, sur la réflexion autour de la restructuration des programmes de sciences pour les classes du secondaire. Il est bien évident qu'il ne peut exister une solution universelle qui puisse s'adapter à tous les pays et toutes les cultures, et comme nous l'avons déjà signale, un débat sur le changement de programme d'étude présente un caractère nettement politique.

Le but que nous nous sommes donc fixe est de présenter l'ensemble des questions que doit se poser toute personne qui envisage le changement d'un programme d'étude de science. Si, pour certaines de ces questions, nous avons pu proposer des réponses qui font une quasi-unanimité dans la communauté scientifique, pour la majorité d'entre elles, nous avons propose les facteurs pertinents à analyser avant d'effectuer un choix, tout en attirant l'attention du lecteur sur les conséquences qui en découlent. Pour faciliter la lecture de nos conclusions, nous reprendrons successivement l'ensemble des cinq chapitres précédents.

## 1. Les principaux objectifs d'un enseignement scientifique

Il semble important aujourd'hui de débattre des finalités de l'éducation scientifique et cela de la manière la plus large, car si l'on constate dans la plupart des pays européens que le niveau culturel des individus augmente, les exigences en la matière progressent encore plus fortement. Dans le même temps, la société se complexifie et un nombre chaque jour plus grand de décisions politiques se prennent au nom de cette rationalité scientifico-technique. Dans un tel contexte, plus la politique devient scientifique, plus la régulation démocratique de la société

régresse. Ne pouvant continuer encore longtemps à imposer des programmes scolaires surcharges, aux contenus parfois incohérents et souvent irréfléchis par rapport aux nécessites actuelles, certaines questions doivent donc être posées.

- Quels savoirs seront nécessaires pour le XXIe siècle ?
- Peut-on prévoir quelles connaissances seront opératoires dans 20 ou 50 ans ?
- Comment relever le défi de l'organisation des savoirs ?
- Comment gérer l'augmentation considérable du flux de connaissances?
- Enfin, comment envisager une appropriation minimale des finalités potentielles par la plus grande partie de la population ?

Parallèlement à ce questionnement et pour fixer les finalités de l'enseignement scientifique, il faut prendre en compte:

- la reconnaissance de la nécessité et de l'utilité de l'éducation scientifique;
- la reconnaissance du rôle de l'école en matière de culture scientifique et technique;
- une réflexion sur les exigences corporatistes (portant intérêt exclusif à sa propre discipline), qui sont le plus souvent responsables de l'inflation des programmes et, par conséquent de leur inaccessibilité; et enfin
- une reconnaissance de la technologie qui reste le plus souvent ignorée.

Peut-on, enfin tenter de définir ce que signifie " Savoir " dans la perspective des années 2000 ? Ce pourrait être d'abord: clarifier les situations problématiques, rechercher les données nécessaires et mobiliser les savoirs acquis pour trouver des réponses possibles aux problèmes. " Savoir ", ce pourrait être alors: manipuler ou produire des modèles, combiner et intégrer des concepts appartenant à des disciplines différentes. Enfin, vu la nature des questions à aborder, cela pourrait se traduire par être acteur de sa propre formation, c'est-à-dire pouvoir se placer dans un processus de formation permanente.

## 2. Réflexion sur les programmes d'enseignement des sciences expérimentales et de la technologie dans l'enseignement général

Le type de choix que l'on peut effectuer dans l'élaboration de nouveaux programmes de sciences dépend des objectifs fixés précédemment et de l'orientation que l'on souhaite proposer aux élèves. Les élèves rassemblés dans une filière du secondaire occuperont en effet des fonctions très diverses que les éducateurs ne connaissent pas. à cet égard, il convient de souligner le dilemme, soit:

- garantir une formation de base dont le but est d'assurer des potentialités non immédiatement exploitables, mais assez large;
- proposer une formation professionnelle qui rende l'élève immédiatement apte à exercer une profession, mais une seule.

D'autre part, vouloir induire un changement de programme scientifique, nécessité également une clarification des objectifs selon le niveau d'enseignement et le pourcentage d'élèves scolarises à ces différents niveaux. Il faut donc distinguer les aspects lies à la scolarité obligatoire, (le plus souvent il s'agit de l'école primaire), et la scolarité secondaire.

Enfin, pour l'enseignement de la technologie, les orientations doivent être centrées d'une façon ou d'une autre sur l'objet technique. L'étude de l'objet technique impose en effet de savoir:

- Pourquoi il a été fabrique ?
- Comment il est fait ?
- Comment et pourquoi il fonctionne ?
- Comment peut-on le réaliser ?

## 3. Le contexte d'exercice de l'enseignement des sciences

Il semble impossible de pouvoir répondre de façon rationnelle et tranchée à la question des groupes de niveau dans le cadre d'un enseignement scientifique. La encore, la réponse dépend du choix de la politique de formation scientifique que l'on veut promouvoir. Pour notre part, nous pensons cependant qu 'il est souhaitable d'articuler étroitement, et pour chaque élève, la participation à deux structures pédagogiques:

l'une hétérogène qui favorise la socialisation, et l'autre qui consiste en regroupements temporaires sur des objectifs spécifiques au sein desquels les élèves pourraient travailler autrement.

Tous les programmes actuels concernant les sciences expérimentales prévoient la mise en place d'une initiation à la pratique expérimentale par les élèves. Pourtant, il semble bien que, tant dans les collèges que dans les lycées, l'enseignement expérimental n'a pas actuellement une place suffisante. Certains facteurs sont importants à prendre en compte:

- les problèmes matériels (laboratoires et matériels d'expérimentation);
- des problèmes humains (groupes d'élèves trop nombreux et non dédoubles);
- le manque de formation épistémologique pour les enseignants;
- les manuels scolaires (un bon livre de science doit-il décrire des expériences ? Ou doit-il favoriser une activité d'expérimentation ?);
- l'évaluation (il faut établir une corrélation entre le type de pratique scientifique que l'on souhaite promouvoir - investigations, enquêtes, résolution de problèmes - et les évaluations que l'on propose qui le plus souvent ne consistent qu'a une vérification d'acquisition de quelques compétences relativement comportementales .

## 4. Les méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Les recherches didactiques de ces dernières années ont surtout porte sur l'apprentissage des élèves en sciences. Les études sur les conceptions des apprenants qui ont été largement privilégiées dans les recherches didactiques ont profondément transforme les idées sur l'enseignement, et notamment sur le rôle de l'enseignant. à l'heure actuelle, les travaux de didactique mettent l'accent sur les activités de mise en relation que l'élève réalisé entre le savoir nouveau qu'il doit maîtriser, et les connaissances préalables dont il dispose. Mais alors peut-on faciliter l'acquisition du savoir ? Si oui, comment ?

La seule connaissance des " conceptions " des apprenants ne permet d'inférer que des hypothèses très générales qui s'avèrent très frustes dans

la pratique quotidienne. Pour pallier ces insuffisances, il nous faut aujourd'hui, avancer un certain nombre d'éléments supplémentaires et les combiner autrement, ce qui nous conduit à promouvoir un autre modèle d'apprentissage: le modèle allostérique d'apprentissage qui regroupe un ensemble de points qui font aujourd'hui consensus, sur les façons dont les élèves élaborent les savoirs. Si ces conditions ne sont pas remplies, l'apprentissage risque être compromis.

## 5. La formation des enseignants

Les diverses réflexions que nous proposons dans le cadre de ce travail ne pourront être effectives que si elles sont associées étroitement à une redéfinition de la formation des enseignants. Pour devenir expert en pédagogie, l'enseignant doit en effet acquérir un certain nombre de connaissances, de techniques ou de compétences au sens large:

- des connaissances liées à la spécificité de chaque discipline;
- des savoirs concernant les élèves et en particulier leurs façons d'apprendre;
- des informations relatives aux contraintes de l'institution scolaire et à ses partenaires.

Pour permettre acquérir ces compétences certains aspects doivent être privilégiés.

- Lors de la formation initiale, il faut vérifier que les enseignants peuvent bénéficier d'une formation épistémologique qui leur permette d'assurer dans de bonnes conditions la nécessaire transposition didactique.
- Au cours de leurs diverses études, les étudiants se sont forge des valeurs, qui guident de façon souvent implicite l'ensemble de leurs actes. Il est fondamental de leur faire prendre conscience de l'importance de ces valeurs, notamment les relations entre science technique et société.
- Durant leur formation, les futurs maîtres devraient apprendre à utiliser un vaste éventail de méthodes d'enseignement qui puissent leur permettre de s'adapter aux diverses contraintes qu'ils rencontreront. Ils doivent aussi acquérir des compétences pour la préparation et la gestion du matériel technique et de laboratoire.

- II faut donner aux enseignants des outils pour évaluer leurs pratiques et les induire à effectuer un réel travail d'analyse de leur pratique.
- II faut durant la formation privilégier le travail en équipe pour faire évoluer la pratique des enseignants autour de réels projets équipe.
- Enfin, il faut promouvoir un réel plan de formation continue des enseignants, qui malheureusement actuellement dépend le plus souvent de la seule bonne volonté de chacun.

La réalisation de l'ensemble des recommandations que nous venons de proposer pourra sans aucun doute contribuer à un très grand développement de l'enseignement scientifique. Ces propositions nécessitent une volonté politique clairement affichée, tant dans l'importance des budgets qui doivent être attribues, pour mettre en place les différentes reformes, que dans la nécessité d'aller jusqu'au bout en assurant une cohérence sur l'ensemble des choix. Enfin, il faut souligner que rien ne peut s'effectuer dans la contrainte et la douleur et qu'en l 'occurrence un large débat doit s'ouvrir avant le début d'une quelconque refonte des programmes d'enseignement des sciences.

Enfin, et malheureusement, si les conceptions des apprenants ont fait l'objet de nombreuses études, nous disposons, dans le domaine des sciences et des techniques, de fort peu de travaux de recherche sur la spécificité des enseignants. Pour améliorer leur formation, il faudrait donc également envisager de développer des recherches en ce sens.

# Bibliographie

***Chapitre I***

Aikenhead, G.S. 1980. " L'enseignement des sciences dans une perspective sociale. " *Exposé à débattre.* Conseil des sciences du Canada, Ottawa, p. 68.

Allegre, C. 1992. " Introduction à une histoire naturelle. " Le *temps des sciences"* Fayard, 409 p.

Assal, J.P.; Pkoc, J.M.; Lacroix, A. 1984. " L'enseignement au malade sur sa maladie et son traitement. " Un succès thérapeutique, un échec du corps médical. *Journées de diabétologie de l'hôtel Dieu.* Flammarion. Médecine Science. 193-207. Paris.

Assal, J.P.; Lacroix, A. 1990. " Education the patient to manage his disease: the example of diabetes mellitus. " *Journal of Human Hypertens, 4* suppl. 1: 13-20.

Barrere, A.; Barrere, J.; Dupont, J.Y.; Moulia, B. 1991. " Exploitation pédagogique de logiciels professionnels d'aide à la décision utilises dans le domaine agricole (amélioration des rendements végétal et animal). " Dans: Duval, J.C.; Salame, N. (ed.) " L'information scientifique dans l'enseignement de la biologie. " *Actes du Colloque organisé par l'école normale supérieure et l'Institut national de recherche pédagogique.* Coll. Technologies nouvelles et éducation, 167-170. INRP, Paris.

Bartlett, E.E.; Grayson, M.; Barker, L.R.; Levine, D; Golden, A. 1984. " The effects of physician community skills on patient satisfaction, recall, and adherence. " *Journal of Chronic Diseases,* 37: 755-764.

Bazile, P. 1991. " Traitement d'images satellitaires dans l'enseignement agricole. " Dans: Duval, J.C.; Salame, N. (ed.) " L'information scientifique dans l'enseignement de la biologie. " *Actes du Colloque orga - nisé par l'école normale supérieure et l'institut national de recherche pédagogique.* Coll. Technologies nouvelles et éducation, 145-150. INRP, Paris.

Bernaldez, G.G.; Benayas, J.; De Lucia, J.Y. 1992. " Evaluation des changements d'attitudes vis-à-vis de l'éducation nationale dans des programmes d'éducation de l'environnement. " *Actes JIES 13,* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Raichwarg, D. (ed.) Chamonix,73-74.

Beslisle, C. 1985. " Les clés de la vulgarisation ", *Vulgariser un défi ou un mythe ? La communication entre spécialistes et non spécialistes,* Smail Ait El Hadj (ed.) Collection Synthèse chronique sociale,175 p.

Cartwright, A. 1967. *Patients and their doctors.* Atherton. New York.

Cartwright, A. ; Anderson, R. 1981. *Général practice revisited* . Tavistock Publications. London.

Cave, J.; Wolf, R.L. 1983. *Don't brush your teeth any more. Toothpaste's got earth in it! a* study of te rôle that objects can play in the expérience of visitors to a museum, 23 p.

Debru, O.; Jacquier-Roux, M.; Mouries, M.; Pequegnot, C. 1990. *Prévention sida et santé scolaire.* GEDAS; (6): 8-9.

Desaulniers, M.P. 1988. La place des valeurs en éducation sexuelle. *Apprentissage et socialisation "* L'éducation sexuelle auprès des adolescents: état d'urgence "; (1): 39-46.

Devecchi, G. 1992. " Le problème des " valeurs " dans une éducation pour l'environnement. " *Actes JIES 13,* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Raichwarg, D. (ed.) Chamonix, 565-570.

Dubois-Arber, F.; Lehmann, Ph.; Hausser, D. 1988. " Vers une action plus efficace contre le sida. " *Forum mondial de la santé, 9:* 408414.

Durand, G. 1988. Sexualité et éthique. *Apprentissage et socialisation* " L'éducation sexuelle auprès des adolescents: Etat d'urgence "; 11(1): 29-38.

Eiser, J.R.; Morgan, M.; Gammage, P. 1987. " Belief correlates of perceived addiction in young smokers. " *European Journal of Psychology of Education. "* Juvenile substance use and human development: new perspectives in research and prevention. " 11(4).

Elsass, P. 1990. " The psychological effect of three different forms of patient information. " *Dan Med Bull.* 37: 185-188.

Ernct, S. 1993. " L'enseignement scientifique et technique à l'école élémentaire. " *Didaskalia* N° 1, 146 p., 115-122. INRP, Paris.

Faure, E. et Col. 1972. *Apprendre à être.* Rapport de la Commission internationale pour le développement de l'éducation. UNESCO, Paris.

Fineberg, H.V. 1988. " Education to prevent aids: prospects and obstacles. " *Science,* 239: 592-596; 29.

Fourez, G. 1992. " Alphabétisation en sciences et techniques et îlots de rationalité. " *Actes JIES 14,* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Raichwarg, D. (ed.) Chamonix, 45-56.

Frappier, J. Y. 1 988 . Impact des sources d'information en sexualité. *Apprentissage et socialisation "* L'éducation sexuelle auprès des adolescents: état d'urgence "; 11(1): 47-52.

Gagliardi, R.; Mosconi-Bernardini, P. 1988. " Education à l'environnement: utilisation des représentations des élèves des écoles italiennes pour la préparation d'un curriculum sur l'écologie. " *Actes JIES 10,* 521-526.

Giordan, A. 1978. *Une pédagogie pour les sciences expérimentales. Paris,* Le Centurion.

Giordan, A. (sous la direction de). 1986. *L'éducation relative à l 'environ - nement: principes d 'enseignement et d 'apprentissage,* 228 p.

Giordan, A.; Martinand, J.L. (ed.) 1986. " Education scientifique et vie quotidienne. " *Actes JIES 8,* 564 p.

Giordan, A.; Martinand, J.L.; Souchon, C. (ed.) 1988. " Communication, éducation et culture scientifique et industrielle. " *Actes JIES 10.*

Giordan, A.; Rasse, P. 1986. " Synopsis d'une évaluation muséologique: compte rendu de l'atelier exploratoire. " Dans: *Culture, éducation, communication scientifique et évaluation.* Nice: Z'Editions; 1 : 101-108.

Giordan, A.; Rasse, P. 1987. *Culture, éducation, communication scientif que et évaluation,* 266 p.

Girault, Y.; Dassin, M. 1991. " Les conceptions de jeunes québécois sur la vie des baleines et la pollution du Saint-Laurent. " *Actes JIES 13.* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Souchon, C. (ed.) 583-587, Chamonix.

Girault, Y. 1993. *Le thermalisme: point de vue des médecins prescripteurs. "* De la recherche qualitative aux propositions d'intervention. " Numéro spécial de la *Gazette officielle du thermalisme,* No. 31, 39 p.

Girault, Y.; René de Cotret, S. 1993. " Contribution de la didactique des sciences à l'étude des obstacles relatifs à la destruction dans l'enseignement du concept racialiste. " *Repères* No. 15 (95-120), Montreal.

Grea, J. 1985. " Les boutiques de sciences, de nouveaux lieux de communication sociale. " *Vulgariser un défi ou un mythe ? La communication entre spécialistes et non spécialistes,* Smail Ait El Hadj (ed). Collection Synthèse chronique sociale, 175 p.

Hargous, M.L.; Girault, Y. 1992. " Docteur je veux comprendre s ou l'antagonisme entre la médecine des années 2000 et la responsabilisation des patients. " *Actes JIES 14.* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Souchon, C. 251-256.

Host, V. 1977. " Place des procédures d'apprentissage spontanées dans la formation scientifique. " *Bulletin de liaison,* INRP, Section sciences, 17.

Hurwic, J. 1989. " Vulgarisation scientifique: devoir et privilège du chercheur. " *Actes du Colloque international, Le transfert des connaissances en sciences et techniques.* Montpellier: 381-384.

Larose, R; Girault, Y. 1993. *Feelings or métacognition in ecology.* Proceedings of the third international seminar on misconceptions and educational stratégies in science and mathematics. Cornell University, Ithaca.

Larose, R.; Girault, Y. 1994. " La métacognition des sentiments pour des comportements écologiques. " *Actes du Colloque, Quand la science se fait culture.* Schiele, B. (ed.) Montreal.

Lassen, L.C. 1991. " Connections between the quality of consultations and patients compliance in general practice. " *Fam Prac,* 8: 154-160.

Lehmann, P.; Dubois-Arber, F.; Hausser, D. 1988. " Efficacité des campagnes de prevention du sida en Suisse: changements d'attitudes et de comportements. " *Médecine et hygiene;* 46: 1478-1482.

Martinand, J.L. 1992. " Enjeux et ressources de l'éducation scientifique: introduction aux thèmes. " *Actes JIES 13,* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Raichwarg, D. (ed.) Chamonix, 57-58.

Morin, E. 1990. *Introduction à la pensée complexe.*

Morisky, D.E.; Levine D.M.; Green, L.W. 1983. " Five years blood pressure control and mortality following health éducation for hypertensive patients. " *Am Joumal of Public Health,* 73: 153- 161.

Munby, A.H. 1982. " Qu'est-ce que la pensée scientifique ? " *Exposé à débattre.* Conseil des sciences du Canada, Ottawa, p. 31.

Nadeau, R.; Ddsautel, J. 1984. " Epistémologie et enseignement des sciences. " *Exposé à débattre.* Conseil des sciences du Canada, 69 p.

Palomino, C.; Piocto, M.J. 1992. " La nutrition humaine: une méthodologie pour son apprentissage. " *Actes JIES 14,* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Raichwarg, D. (ed.) Chamonix, 474-476.

Picon, L. 1991. " Quelles orientations pour l'enseignement de la biologie ? " Dans: Duval, J.C.; Salame, N. (ed.) " L'information scientifique dans l'enseignement de la biologie. " *Actes du Colloque organisé par L'école normale supérieure et l'institut national de recherche péda - gogique.* Coll. Technologies nouvelles et éducation, 19-22. INRP, Paris.

Pulkkinen, L.; Narusk, A. 1987. " Functions of adolescent drinking in Finland and the Soviet Union. " *European Joumal of Psychology of Education "* Juvenile substance use and human development: new perspectives in research and prevention. " 11(4).

Risi, M. 1982. " La Macroscole, ou l'enseignement systématique des sciences. " *Exposé à débattre.* Conseil des sciences du Canada, Ottawa, 65 p.

Rougeul, F. 1994. " La communication entre l'entreprise hôpital et ses usagers. " *Actes du colloque CISTE,* Rasse, P.; Giordan, A.; Girault, Y. (ed.) Nice.

Rowland-Morin, P.A.; Carroll, J.G. 1990. “ Verbal communication skills and patient satisfaction. " a study of doctor-patient interviews. *Evaluation and the Health Professions,* 13 (2): 168-185.

Roy, D. 1988. " Adolescentes, prevention de la grossesse et prise en charge de leur sexualité. " *Apprentissage et socialisation.* Montréal, 11(4) :231.

Samora, J.; Saunders, L.; Larson, R. 1961. " Médical vocabulary knowledge among hospital patients. " *Joumal of Health and Human Behaviour,* 2: 83-92.

Sorman, G. 1989. *Les vrais penseurs de notre temps.* 410 p. Fayard, Paris.

Steed, G.P.F. 1982. “ Les entreprises émergentes: pour jouer gagnant. " *Etude de documentation* N° 48, Conseil des sciences du Canada, Ottawa.

Thibaut, G. 1992. “ Les effets de la pédagogie de projets sur les attitudes d’appréciation, de respect et de responsabilité envers l’environnement dans des classes du primaire. " *Actes JIES* 14, Giordan, A.; Mardnand, J.L.; Raichwarg, D. (ed.) Chamonix, 287-288.

Ziman, J. 1980. *Teaching and learning about science and society.* Cambridge University Press, Cambridge.

***Chapitre** 11*

Audigier, F. 1985. *Enseignement de l’énergie.* 256 p. INRP, Paris.

Bachelard, G. 1934. *Le nouvel esprit scientifique.* Paris, PUF.

Bachelard, G. 1938. *La formation de l’esprit scientifique.* Paris, Vrin.

Berk, L. 1976. *Editorial, Curriculum Inquiry,* Vol. 6.

Bouchard, Y. 1993. *Compte rendu du Colloque sur l'éducation au seuil du IIIeme millénaire - Université de Montréal.* Documents de travail "Penser et agir pour une éducation à l'environnement " No. 41, Fondation pour le progrès de l'homme, Paris.

Bybée, R.W.; Landes, N.M. 1990. Science for life and living " An elementary school science program from biological sciences curriculum study. " *The American Biology Teacher, 52(2): 92-98.*

Caron, J.C. 1989. " L'APSQ et les expo-sciences. " *Spectre,* Vol. 19, No. 2, 4445, Montreal.

Canguilhem, (}. 1965. *La connaissance de la vie.* Paris, Vrin.

Canguilhem, G. 1977. *Idéologie et rationality* Paris, Vrin.

Champagne, A.B.; Klopfer, L.E.; Gunstone, R. 1982. " Cognitive research and the design of science instruction. " *Educational Psychologist,* 17(1): 31-53.

Collectif. 1985. *Chaud-froid... ? Pas si simple: enseignement de la phy - sique.*

Collectif. 1985. *Energie: an enseignement pluridisciplinaire.* 128 p.

Connely, M.; Irvine, F.G.; Erms, R.J. 1980. " Stakeholders in curriculum? " *Curriculum Planning for Classroom.* Presses de l'Institut d'études pédagogiques de l 'Ontario, (RISE), Toronto.

Davallon, J.; Grandmont, G.; Schiele, B. 1992. *L'environnement entre au musée.* PUL/MC, Lyon-Quebec.

De Rosnay, J. 1977. *Le macroscope, vers one vision globale.* Le Seuil,

Driver, R.; Oldharn, V. 1985. a *constructivist approach to curriculum development in science.* Paper for symposium, Scheffield: BERA.

Driver, R.; Oldham, V.A 1986. " Constructivist approach to curriculum development in science. " *Studies in Science Education,* 13: 105-122.

Einstein, A. 1991. *Oeuvres choisies,* pp. 174-175, Editions du Seuil, Editions du CNRS, Paris.

Fourez, G. 1990. " Les sciences doivent-elles toujours s'enseigner de manière disciplinaire ? " *Bulletin de l'Union des Physiciens,* (729): 1481-1484.

Gagliardi, R. 1991. *Model training kit for extensionists on fish technology and quality control at artisanal level: analysis of the required cha - racteristics of a model training kit.* Project Report. Food and Agriculture Organization on the United Nations, Rome.

Gagliardi, R.; Alfthan, T. 1993. *Environmental training: policy and prac - tice for sustainable development.* International Labour Office, Genève.

Giordan, A.; Souchon, C. 1992. *Une éducation pour l'environnement.* Z'Editions, Nice , 232 p.

Labe, Y.M. 1985. " Non-matheux interdits de sciences. " *Le Monde de* L'éducation, mai 1985.

Larose R. 1992. " Une didactique de la biologie pour une pédagogie indis- ciplinaire. " *Revue des sciences de l'éducation,* Vol. 18, No. 2, 274-284. Montreal.

Leithwood, K.A. 1976. *Planning curriculum change.* Presses de l'Institut d'études pédagogiques de l'Ontario (OISE), Toronto.

Levy-Leblond, J.M. 1981. " L'esprit de sel. " *Science, culture, politique.* Ed. Points sciences.

Martin, J.P.; Dausse, P. 1990. " Chimie à l'école élémentaire: à propos des combustions... " *Bulletin de l'Union des physiciens:* 726: 933-938.

Martinand, J.L. 1986. *Transformer la matière.* Ed. Peter Lang.

Martinand, J.L. 1992. " Enjeux et ressources de l'éducation scientifique: introduction aux thèmes. " *Actes JIES* 13, Giordan, A.; Martinand, J.L.; Raichwarg, D. (ed.) Chamonix, 57-58.

Orpwood, G.W.F. 1981. *The logic of curriculum policy deliberation: an analytic study from science éducation.* Thèse de doctorat, Université de Toronto.

Orpwood, G.W.F.; Isme, A. 1994. *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes.* Vol. 2. Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada. Conseil des sciences du Canada, 125 p.

Orpwood, G.W.F.; Souque, J-P. 1994. *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. Vol. 1.* Introduction et analyse des programmes d'études. Conseil des sciences du Canada, 224 p.

Orpwood, G.W.F.; Souque, J-P. 1994. *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes.* Abrégé de l'étude de documentation. Conseil des sciences du Canada, 46 p.

Piaget, J. 1947. *Le jugement et le raisonnement chez l 'enfant.* Neuchatel, ~ _
Delachaux, 3bme edition.

Piaget, J. 1950. *La construction du réel chez l 'enfant.* Neuchatel, Delachaux, 2eme edition.

Piaget, J. 1968. *Le langage et la pensée chez l'enfant.* Neuchatel, Delachaux, 8eme edition.

Piaget, J. 1977. *Recherches sur l'abstraction réfléchissante.* Paris, PUF.

Richer, F. 1992. " Science en quoi ? " *Spectre,* Vol. 22, No. 1, 8-9, Montreal.

Roquefere, J. 1990. *Dossier environnement.* Cahiers pédagogiques N° 282, Cercle de recherche et d'actions pédagogiques, Paris.

Sane, S. 1988. " Technologies éducatives pour l'ensemble des sciences et de la technologie en Afrique. " N° 14. *Les technologies éducatives.* Educafrica.

Sauve, L. 1991. *Education pour l'environnement.* Thèse de l'Université de Montreal.

Shambuyi, M. 1989. " Réflexion sur l'enseignement intégré des sciences et son introduction au Zaire et en Afrique francophone. " N° 15. *L'enseignement intégré des sciences en Afrique.* Educafrica.

Shayer, M. 1980. " The match of science curriculum to the learner in the middle and secondary school. " Dans: Archenhold et al., *Cognitive development-research in science and mathematics.* 62-79. Leeds: University of Leeds.

Trempe, P.L. 1988. " Et si on tranchait le noeud gordien de l'enseignement des sciences au primaire. " *Apprentissage et socialisation,* 11(4): 201-208, Montreal.

UNESCO. 1983. *L'action du programme international d'éducation relati - ve à l'environnement.* 1975-1983. Paris.

UNESCO. 1983. *Tendances de l'éducation relative à l'environnement depuis la conférence de Tbilissi.* Paris.

UNESCO.; Souchon, C. 1983. *Module éducatif sur la conservation et la gestion des ressources naturelles.* Série éducation environnementale 3. UNESCO, Paris.

***Chapitre III***

Alam, I.; Orpwood, G.W.F. 1984. *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. "* Vol. 2. Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada. Etude de documentation 52, 125p.

Astolfi, J.P.; Giordan, A. et Col. 1978. *Quelle éducation scientifique pour quelle société'.* PUF/L'éducateur, Paris.

Chastrette, M. 1989. *Démarches et outils de l'évaluation.* Lirdis, Université de Lyon I.

Deketele, J.M. 1987. " Observer pour éduquer. " Collection Exploration. *Recherches en sciences de l'éducation.* Ed. Peter Lang.

Desautels, J.; Larochelle, M. 1989. " Qu'est-ce que le savoir scientifique ? " Points de vue d'adolescents et d'adolescentes. Les Presses de l'Université de Laval.

Doise, W.; Meyer, G.; Perret-Clermont, A.N. 1976. " Etude psychologique des représentations d'élèves en fin de scolarité obligatoire. " *Cahier de la section des Sciences de l'éducation.* Université de Genève.

Fourez, G. 1989. *Enseigner les sciences en l'an 2000.* Presses universitaires de Namur.

Gilly, M. 1988. Interactions entre pairs et constructions cognitives: des travaux de laboratoire au terrain pédagogique. " Le fonctionnement de l'enfant à l'école: bilan et perspectives psychologiques et didactiques. " *European Journal of Psychology of Education,* numéro hors série, 127-138.

Gilly, M. 1988. " Interactions entre pairs et constructions cognitives: modèles explicatifs. " Dans: Perret-Clermont, A.N. (ed.) *Interagir et connaître: enjeux et régulations sociales dans le développement cognitif ",* pp. 19-28. Cousset: Delval.

Gilly, M. 1989. " Mécanismes psycho-sociaux des constructions cognitives: perspectives de recherche à âge scolaire. Dans: Netchine, G. (ed.) *Développement et fonctionnement cognitif: renouveaux en psycZaologie de l'enfant.* " Paris, PUF.

Gilly, M. 1989. " Remarques et réflexion à propos de didactique et de conflit socio-cognitif. " *Construction des savoirs: obstacles et conflits. Sous* la direction de Nadine Bednarz et Catherine Garnier, Cirade, Agence d'Arc inc. 382-389.

Gilly, M.; Blaye, A.; Roux, J.P. 1988. " Elaboration de constructions cognitives individuelles en situations socio-cognitives de résolution de problèmes. " Dans: Mugny, G.; Perrez, J.A. (eds.) *Psicologia social del desarollo cognitivo.* Barcelone: anthropos.

Giordan, A.; Martinand, J.L. (ed.) 1992. " La communication, L'éducation et la culture scientifique et technique. " Années 2000: enjeux et ressources de la formation et de la culture scientifique et technique. *Actes JIES* 14, Chamonix.

Girault, Y.; Guichard, F.; Leclercq, V.; Mordelet, P. 1994. *L'animation scientifique à la Grande Galerie: la conception des salles de labora - toire.* La lettre de l'Ocim, numéro spécial la Grande Galerie du Museum national d'histoire naturelle. Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, numéro 33, 39-45.

Lacombe G. 1989. " Prendre le bâton de l'expérience. " *Aster* No. 8, *Expérimenter, modéliser,* 230 p., 17-28.

Lefevre-Pinard, M. 1989. " Le conflit socio-cognitif en psychologie du développement: est-ce toujours un concept heuristique valable ? " Dans: Bednarz, N.; Garnier, C. (ed.) *Construction des savoirs, obs - tacles et conflits.* Cirade. Agence d'Arc inc. Montreal.

Lefevre-Pinard, M.; Reid, L. 1980. " Existe-t-il des changements cognitifs chez l'adulte ? " *Revue québécoise de psychologie,* 1, 58-69.

Lesourne, J. 1988. " Education et société: les défis de l'an 2000. " *La Découverte/Le Monde de l'éducation,* Paris, 1988.

Martinand, J.L. 1989. " Les manuels de sciences: contradictions et fonctions. " *Actes JIES 11.* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Souchon, C. (ed.) Chamonix, 534 p.+ 47-52.

Ministère de l'Education nationale, Inspection générale de physique-chimie. *Rapport sur l'évaluation des activités expérimentales des élèves en physique et chimie pour l 'année scolaire 1991-1992,* MEN.

Mugny, G. (ed.) 1985. *Psychologie sociale du développement cognitif* Berne: Peter Lang.

Mugny, G.; Doise, W. 1978. " Socio-cognitive conflict and structure of individual and collective performances. " *European Journal of Psychology of Education, 8,* 181-182. Noizet, G.; Caverni, J.P. 1978. Psychologie de l'évaluation scolaire, Paris, PUF.

Orpwood, G.W.F; Souque, J-P. 1984. *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes.* Vol. 1. Introduction et analyse des programmes d'études. Conseil des sciences du Canada. Etude de documentation 52, 224 p.

Orpwood, G.W.F.; Souque, J-P. 1984. *L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes.* Vol. 2. Données statistiques de base pour l'enseignement des sciences au Canada. Conseil des sciences du Canada. Etude de documentation 52, 125 p.

Perret-Clerrnont, A.N. 1980. *Social interaction and cognitive development in children.* Londres: Academic press.

Perret-Clermont, A.N.; Mugny, G. 1985. " En guise de conclusion: effets sociologiques et processus didactique. " Dans: Mugny, G. (ed.) *Psychologie sociale du développement cognitif,* pp. 251-261. Berne: Peter Lang.

De Peretti, A.1982. *La formation des personnels de l 'éducation nationale.*

Thom, R. 1986. La méthode expérimentale : " un mythe des épistémologues (et des savants ?) " *la philosophie des sciences aujourd'hui. Sous* la direction de Hamburger, J. Paris, GauthierVillars.

Vandenplas, C. 1979. *Education et développement social.* Presses universitaires de France, Paris.

***chapitre IV***

Astolfi, J.P.; Develay, M. 1989. La didactique des sciences. Paris, PUF. Coll. Que sais-je ?

Ausubel, D.P.; Novak; J.D.; Hanesian, H. 1968. *Educational psychology: a cognitive view.* (2eme edition) New York, Rinehart et Winston.

Bachelard, G. 1934. *Le nouvel esprit scientifique. PUF.*

Bachelard, G. 1938. *La formation de l'esprit scientifique.* Vrin.

Bednarz, N.; Garnier, C. (ed.) 1989. " Construction des savoirs: obstacles et conflits. " *Colloque international obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif.* CIRADE, Agence d'Arc inc. Montréal.

Bernardini Mosconi, P. et Col. 1989. " Itinéraires muséologiques naturalistes et nouvelle approche didactique. " *Actes JIES 11,* Giordan, A.; Martinand, J.L.; Souchon, C. (ed.), 469473.

Borum, M. 1988, " a glimpse of visitor's na•ve theory of science. " *Visitor studies, Theory research and practice.* Edited by Bitgood, S.; Roper, J.; Benefield, A.; Jacksonville, A.L. Centre for Social Design, 135-138.

Borum; M. 1988, " Naïve notions and the design of science museum exibits. " *Visitor studies, Theory and practice.* Vol. 2. Edited by Bitgood, S.; Roper, J.; Benefield, A.; Jacksonville A.L. Centre for Social Design, 158-162.

Bruner, J.S. 1966. *Toward a théorie of instruction.* Cambridge, Mass, Belknap Press of Harvard University.

Calande, G. et Col. 1990. " Didactique des sciences et autonomie dans l'apprentissage, L'immunologie: un prétexte. " *Plaisirs des sciences.* Ed. De Boeck.

Claparede, E. 1921. *L'école sur mesure.* Genève.

Clement, P. 1984. " Codes et discours sur la " vision " des animaux. " *Actes JIES 6,* 313-323.

Clement, P.; Mein, M.T. 1987. " Modèles cérébraux et comportementaux: approche historique et relations avec les modes d'apprentissage. " *Actes JIES 9,* 151-168.

Clement, P. 1988. " Les utilisations des images animées (films et vidéo) dans l'enseignement de la biologie. " *Pédagogiques,* 8, 2, 429-441.

Clement, P. 1991. " Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excrétion. " *Aster,* 13, 133-155.

De Condillac, E.B. 1754. *Traité des sensations.*

Confrey, J. 1990. " a review of the research on student conceptions in mathematics, science, and programming. " Courtney, B.; Cazden (ed.) *Review of Research in Education,* Vol. 16, 3-56. Washington.

Darre, J.P. 1985. *La parole et la technique.* Ed. L'Harmattan, Paris.

Develay, M. 1992. *De l'apprentissage à l'enseignement.* Collection Pédagogies, Ed. ESF.

Desautels, J.; Nadeau, R. 1984. *Epistémologie et didactique des sciences.* Conseil des sciences du Canada. 69 p.

Descartes. *1693. Le discours de la méthode.*

De Vecchi, G. 1984. *Modalités de prise en compte des représentations enfantines en biologie à l'école.* Thèse de 3eme cycle.

Doise, W. et al. 1975. " Social interaction and the development of cognitive opérations. " *European Journal of Social Psychology, 5;* (3) 367-383.

Driver, R.; Easley, J. 1978. " Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. " *Studies in Science Education, 5,* 61-84.

Driver, R.; Guesne, E.; Thiberghien, A. (ed.) 1989. *Children's ideas in science.* Open University Press, Philadelphie.

Freinet, C. 1965. *Le tâtonnement expérimental.* Ed. Ecole moderne.

Gagne, R.M. 1977. *The condition of learning.* Holt, Rhinehart et Wiston.

Giordan, A. et Col. 1978. *Une pédagogie pour les sciences expérimentales.* Centurion.

Giordan, A.; De Vecchi, G. 1987. *Les origines du savoir.* Delachaux.

Giordan, A.; Martinand, J.L. 1988. " Etat des recherches sur les conceptions des apprenants à propos de la biologie. " *Annales de didactique des sciences,* No.2. Publications de l'Université de Rouen No. 140, 190 p., 13-68.

Giordan A. 1989. " An allosteric learning model. " Paper presented at Sydney meeting. *Actes IUBS-CBE* 1988 révisés à la réunion de Moscou.

Giordan, A.; Hennquez, A.; Vinh Bang (ed.) 1989. *Psychologie génétique et didactique des sciences.* Peter Lang.

Giordan, A.; Souchon, C. 1991. *Une éducation pour l'environnement.* Z'Edibons, Mce.

Giordan, A.; Girault, Y. 1992. " Un environnement pédagogique pour apprendre: le modèle allostérique d'apprentissage. " *Repères,* No. 14, Montreal, 199 p., 95-124.

Giordan, A.; Girault, Y; Clement, P. (ed.) 1994. *Conceptions et apprentis - sage.* Ed. Peter Lang, 319 p.

Girault, Y. 1987. *Contribution à l'étude d'un dessin animé comme outil de vulgarisation scientifique - La grande aventure des lémuriens.* Mémoire de DEA, 97 p. Université Paris VII, (non publie).

Girault, Y. 1990. " La conception d'exposition assistée par diagnostic didactique. " *Actes du colloque ACFAS, Muséologie et champs disci - plinaires. "* Exposer le savoir, savoir exposer. " Musée de la Civilisation, Québec, 137-146.

Guichard, J. 1990. *Diagnostic didactique pour la production d'un objet muséologique.* Thèse de doctorat, Université de Genève.

Holland, J.G.; Skinnerj B.F. 1961. *The analysis of behavior.* Mac Graw Hill.

Host, V. 1977. " Place des procédures d'apprentissage spontanées dans la formation scientifique. " *Bulletin de liaison, INRP* - Section Sciences, 17.

Kant. 1855. Traite de Pédagogie. " *Eléments métaphysiques de la doctrine de la vertu. "* Barni (ed.) Traduction française, Paris.

Kinnear, J. 1983. *Identification of misconceptions in genetics and the use of computer simulation in their correction.* Proceedings of the international seminar on misconceptions in science and math. 84-92.

Larose, R.; Girault, Y. 1993. " Métacognition in the domain of ecology." Novak, J. (ed.) *Proceedings of the third international seminar: mis - conceptions and éducation.* Ithaca: Cornell University.

Leibniz, G.W. 1754. *Nouveaux essais sur l'entendement humain.*

Locke. 1693. *Quelques pensées sur l'éducation.*

Lucas, A.M. 1986. " Tendencias en la investigacion sobre la ensenanza apprendizaje de la biologia. " *Ensenanza de las Ciencias,* 4, 189- 198.

Mintzes, J.J.; Arnaudin, M.W. 1984. " *Children's biology: a review of research on conceptual development in the life sciences. "* Wilmington, NC: University of North Carolina, Department of Biological Sciences.

Ndiaye, V.; Clement, P. 1988. " Observer des animaux vivants et/ou des documents vidéo en travaux pratiques. " *Pédagogiques,* 8, 2, 443460.

Novak, J.D. 1976. " Understanding the learning process and effectiveness of teaching method in classroom. " *Journal of Science Education,* 60, 4, 493-512.

Novak, J.D. 1977. a *theory of éducation.* Ithaca et Londres: Cornell University Press.

Novak, J.D. 1977. " An alternative to piagetian psychology for science and mathematics éducation. " *Science Education,* 61, pp. 453477.

Novak, J.D. 1978. " An alternative to piagetian psychology for science and mathematics éducation. " *Studies in Science Education, 5,* 1-30.

Novak, J.D. 1980. " Learning theory applied to the biology classroom. " *The American Biology Teacher,* 42, 5.

Novak, J.D. (ed.) 1983. *Proceedings of the first international seminar: misconceptions in science and mathematics.* Ithaca: Cornell University.

Novak, J.D. 1984. " Can metalearning and metaknowledge stratégies help students learn how to learn. " Dans: Novak, J.D.; Gowin, D.B. (ed.) *Learning how to learn.* Cambridge University Press.

Novak, J.D. 1985. “ Metalearning and metaknowledge stratégies to help students learn how to learn. " Dans: Leo, H.T.; Leon Pines, A. (ed.) *Cognitive structure and conceptual change.* Academic Press, 189209.

Novak, J.D. (ed.) 1987. *Proceedings of the second international seminar: misconceptions and éducation.* Ithaca: Cornell University.

Novak, J.D. (ed.) 1993. *Proceedings of the third international seminar: misconceptions and éducation.* Ithaca: Cornell University.

Osborne, Rat.; Gilbert, J.K., 1980, " a method for investigating concept understanding in science. " *European Journal of Science Education,* 2, 3, 311-321.

Perret-Clerrnont, A.N. 1979. *La construction de l’intelligence dans Interaction sociale.* Berne: Peter Lang, Collection Exploration, Recherche, 244 p.

Perret-Clermont, A.N. 1980. *Social interaction and cognitive development in children.* Londres: Academic Press.

Pfundt, H.; Duit, R. 1985. (Bibliographie) *Students’ alternative frame - works and science éducation.* Kiel, Institute for Science Education.

Pfundt, H.; Duit, R. 1988. (Bibliographie) *Students’ alternative frame - works and science éducation.* Kiel, Institute for Science Education.

Piaget, J. 1947. *Le jugement et le raisonnement chez l 'enfant.* Delachaux, 3eme edition.

Piaget, J. 1950. *Introduction à l'épistémologie génétique.* Paris, PUF.

Piaget, J. 1968. *Le langage et la pensée chez l'enfant.* Delachaux, 8eme edition.

Pope, M.; Gilbert, J. 1983. " Personnal expérience and construction of knowledge in science. " *Science Education,* 67, 2, 193-204.

Sanner, M. 1980. " Les représentations initiales des élèves et l'enseignement scientifique. " Dans: *Recherches pédagogiques.* INRP, 108.

Sanner, M. 1982. " Conflits... apprentissage et communication. " *Aster,* INRP, 19.

Shiffrin, R.M. 1976. " Capacity limitations processing, attention and memory. " Dans: Estes, W.K. (ed.) *Handbook of learning and cogni - tive processes.* Erlbaum N.J., Hillsdale.

Simpson, M.; Arnold, B. 1982. " Availability of prerequisite concepts for learnsng biology at certificate level. " *Journal of Biological Education,* 16, 1, 65-72(b).

Skinner, F. 1968. *The technology of teaching.* Appleton Century Crofts.

Solomon, C. 1986. *Computer environments for children - a reflection on théories of learning and éducation.* Mit Press, Massachusetts, 183 p.

Thorndike, E.T. 1966. *Human learning.* Londres, 206 p.

Tiberghien, G. et al. 1990. " Contraintes structurales et fonctionnelles des systèmes de traitement. " Dans: Richard, J.F. • Bonnet, C.; Ghiglione, R. *Traité de psychologie cognitive. Tome 2, Le traitement de l'infor - mation symbolique.*

Vinh Bang. 1989. " Rénovation de l'enseignement scientifique et révolution de l'esprit scientifique. " Dans: Giordan, A.; Henriques, A.; Vinh Bang, *Psychologie génétique et didactique des sciences.* Peter Lang, 297 p., 11-15.

***Chapitre V***

Astolfi, J.P. 1990. " Les concepts de la didactique des sciences, des outils pour lire et construire les situations d'apprentissage. " Dans: *Recherche et formation.* INRP, Paris, 8.

Astolfi, J.P. 1991. " Quelles compétences professionnelles pour enseigner les sciences aujourd'hui ? " Dans: Julia Bernard (dir.) " Les objectifs de la formation scientifique. " *Actes du Colloque, Participe futur.* Ecole polytechnique de Palaiseau (avril 1990), Groupe de réflexion sur l'enseignement scientifique (GRES), Paris.

Bain, D. 1987. *La formation en évaluation formative: argumentation et plaidoyer pour une entrée par la didactique. "* Cahier du SRS; Genève: Centre de recherches psychopédagogiques du Cycle d'orientation genevois.

Beardsley, D.G. 1975. " Helping teachers to use museums. " *Curator,* 18(3): 192-199.

Bonboir, A. 1975. *Introduction aux problèmes d'éducation.* Louvain, Notes de cours inédites, 2 tomes.

Bourdoncle, R.; Louvet, a (dir) 1991. Les tendances nouvelles dans la formation des enseignants: stratégies françaises et expériences étrangères. INRP, Paris.

Brophy, J.E.; Good, T.L. 1986. " Teacher behavior and student achievement. " Wittrock (dir.), *Handbook of research on teaching,* (3eme edition, pp. 328-375). New York: Collier Macmillan.

Carbonneau, M. 1991. *Modèles de formation et professionnalisation de l'enseignement: analyse critique des tendances nord-américaines.* Montreal: Université de Montreal, Faculté des sciences de l'éducation.

Carbonneau, M. 1993. " Modèles de formation et professionnalisation de l'enseignement: analyse critique de tendances nord-américaines. " *Revue des sciences de l'éducation,* Vol. XIX, No. 1, pp. 33-57.

Chevallard, Y; 1985. " La transposition didactique. Du savoir savoir au savoir enseigne; Grenoble: La pensée sauvage. " *Revue des sciences de l'éducation,* Vol. XIX, No. 1.

Cifali, M.; Perrenoud Ph. 1990. *Restructurer la formation initiale des maîtres primaires d Genève: pourquoi est-ce si difficile ?* Genève: Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.

Clark, C.M. 1989. *The good teacher.* Communication présentée au Congres de la Norwegian Research Council for Science and the Humanities, intitule " Education from cradle to doctorate. " Trondheim, Norvege.

Clément, P.; Serverin, J.L.; Luciani, A. 1981. " Quelle digestion des représentations initiales dans la pratique pédagogique ? " *Pédagogiques, 1: 20-22.*

Clifford, G.J.; Guthrie, J.W. 1988. *Educational school: a brief for professional éducation.* Chicago: The University of Chicago press.

Collette, M. 1990. " Sur l'utilité d'une formation d'enseignants au dialogue élève-ordinateur. *"Aster, Informatique, regards didactique,* (11): 137-174. INRP, Paris.

Comité de l'étude sectorielle en éducation. 1987. " *Le secteur de l'éducation dans les universités du Québec: une analyse de la situation d'ensemble. "* (Rapport) Sainte-Foy: Conseil des Universités.

De Bueger-Vander Borght, C.; Huynenj A.M. 1989. " Représentations des futurs enseignants en sciences et conception d'un programme de formation. " *Actes du Colloque international, Le transfert des connais - sances en sciences et techniques,* 199-206. Montpellier.

De Ketele, J.M. 1987. *Observer pour éduquer.* Peter Lang, Collection Exploration, Recherches en sciences de l'éducation.

De Vecchi, G. 1984. " Quelques remarques (provocatrices ?) à propos des représentations. " *Actes du Stage national de formateurs physique-biologie-géologie.* CIEP, Sevres.

De Vecchi, G. 1985. " Sensibiliser les enseignants au fait qu'ils peuvent transmettre leurs propres représentations. " *Actes des 7emes J ES; Education scientifique et formation professionnelle,* 369-376.

D'hainaut, L. 1977. *Des fin aux objectifs de l'éducation.* Bruxelles, Paris, Labor-Nathan.

Dufresne-Tasse C. (e&) 1991. " Le musée et l'éducation. " Numéro spécial. *Revue canadienne de l'éducation,* Vol. 16, No. 3.

Fourez, G. 1990. *Les sciences doivent-elles toujours s'enseigner de maniè - re disciplinaire.* Bulletin de l'Union des physiciens, (729): 1481-1484.

Gagliardi, R. 1985. " La formation des professionnels en science: analyse de l'élaborations de concepts. " *Actes JIES* 7: 471476.

Gater Thurler, M. 1992. *Les dynamiques de changement internes aux systèmes éducatifs: comment les praticiens réfléchissent à leurs pra - tiques.* Genève: Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.

Giordan, A. 1985. " L'histoire des sciences: un outil pour la formation des enseignants. " *Ensenanza de las Ciencias:* 22.

Girault, Y. . " Training 1988sessions at the zoological park of Paris. " *Journal of the International Association of Zoo Educators,* No. 20, 7-8.

Girault, Y. (ed.). 1992. *" Les sciences: quand les musées s'en mêlent ! " Spectre* (Revue de l'Association des professeurs de sciences du Québec, Montreal); 21(5).

Haferkanm, W. 1984. *Teacher training courses for teachers at the Cologne zoo.* Proceedings, Biennal Conférence of International Association of zoo éducation; Newsletter No. 13: 23-25.

Haramein, A. 1990. " Savoir académique et pratique professionnelle: une interaction sans acteur ! " Dans: Roy, G. (dir.) *Contenus et impacts de la recherche universitaire actuelle en sciences de l'éducation* (Tome 2 - Didactique pp. 363-367). *Actes du 2eme congres des sciences de l'éducation de langue française du Canada.* Ed. Sherbrooke du CRP, Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke.

Harrison, M. 1970. *Learning out of school: a teacher's guide to the edu - cational use of museums.* 80 p.

Houston, W.R. (ed.) 1974. *Exploring competency based éducation.* Berkeley, McCutchan.

Huberman, M.; Perrenoud, Ph. 1987. *Restructuration de la formation des enseignants primaires: sept principes de base.* Genève: Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation.

Judge, H. 1982. *American graduate schools of éducation: a view from abroad.* New York: Ford foundation.

Judge, H. 1991. " Université et la formation des enseignants: histoires et comparaisons - Angleterre, Etats-Unis, France. " Dans: Bourdoncle, R.; Louvet, A. (dir.) *Les tendances nouvelles dans la formation des enseignants: stratégies françaises et expériences étrangères* (pp. 47-61). *Actes de colloque,* novembre 1990. Paris: Institut national de recherche pédagogique.

Laborit, H. 1991. *Education à quoi ? Enseignement de quoi ? Information pourquoi ? Pédagogie et thérapie,* Robert Feger, Québec: PUQ.

Lacey, T. Jr.; Agar, D.J. 1980. " Bringing teachers and museums together. " *Museum News,* 58(4): 50-54.

Larose, R. 1992. " Une didactique de la biologie pour une pédagogie indisciplinaire. " *Revue des sciences de l'éducation relative à l'environnement,* XVIII(2): 274-284.

Lessard, C.; Tardif, M.; Lattaye, L. 1991. " Pratiques de gestion, régulation du travail enseignant et nouvelle professionnalité. " Dans: Lessard, C.; Perron, M.; Belanger, W. (ed.) *La profession enseignante au Québec: enjeux et défis des années 1990* (69-91). Québec: Institut québécois de recherche sur la culture.

Maheu, L.; Robitaille, M. 1991. " Identités professionnelles et travail réflexif: un modèle d'analyse du travail enseignant au collégial. " Dans: Lessard, C.; Perron, M.; Belanger, W. (ed). *La profession enseignante au Québec: enjeux et défis des années 1990.* Québec: Institut québécois de recherche sur la culture.

Newsom, B.Y. 1978. " The museum as educator and the éducation of teachers. " *Teachers Collège Record,* 79(3): 485-497.

Osborne, R.J.; Tasker, R. 1985. " Introducing children's ideas to teachers. " Dans: Osborne, R.; Freyberg, P. *Learning in science: the implications of children's science,* 136-148.

Pacca, J.L.A. ; Ferreira, N.C. 1989. " Formation continue des enseignants: les travaux pratiques. " *Actes du Colloque intemational, Le transfert des connaissances en sciences et techniques,* 145-148. Montpellier.

Paty, M. 1976. " Science, retour aux sources et fondements. " *La recherche.* Numéro 69, juillet-août

Pelletier, G. 1991. " Intérêt et limites de la formation des maîtres à université. " Dans: Bourdoncle, R.; Louvet, A. (dir). *Les tendances nou - velles dans la formation des enseignants: stratégies françaises et expériences étrangères,* pp. 91-96. INRP, Paris.

Perrenoud, Ph. 1986. *Vers une lecture sociologique de la transposition didactique.* Genève: Université de Genève, Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation et service de la recherche sociologique.

Perrenoud, Ph. 1988. La formation des maîtres ou l'illusion du " Deus Ex Machina. " Réflexion sur les rapports entre l'habitus et la pratique. Séminaire des sciences de l'éducation de l 'université de Neuchatel, La formation des enseignants en Suisse romande. *Actualités perspec - tives* (pp. 47-71). Cousset, Suisse: Delval.

Perrenoud, Ph. 1993. " formation initiale des maîtres et professionnalisation du métier " *Revue des sciences de l'éducation,* Vol. XIX, No. 1, pp. 59 à 76.

Rosencrantz, B.A. 1992. " Letter from America. " Dans: Judge, H. (dir.) *American graduate schools of éducation: a view from abroad,* pp. 51-63. New York: Ford Foundation.

Rosenshine, B. 1986. " Vers un enseignement efficace des matières structurées. " Un modèle d'action inspire par le bilan des recherches processus/produit. Dans: Crahay, M.; Lafontaine, D. (ed.) *L'art et la science de l'enseignement,* pp. 81-96. Bruxelles: Labor.

Schott, C.J. 1989. *Improving the training and évaluation of teachers at the secondary school level: educating the educators in pursuit of excel - lence.* Lewiston NY: The Edwin Mellen Press.

Shulman, L. 1986. " Those who understand: knowledge growth in teaching. " *Educanional Researcher,* 15(2), 4-14.

Shulman, L. 1990. *7he transformation of knowledge: a model of pedago - gical reasoning and action.* Communication présentée au Congres annuel de l'association américaine de recherche en éducation (AERA), Boston, MA.

Tochon, F.V. 1990. *La transformation pragmatique de la connaissance dans l'enseignement du français.* Sainte-Foy, Québec: Université Laval, Faculté des sciences de l'éducation.

Tschoumy, J.A. 1991. *Moins qu'un canari ? Soudaine accélération euro - péenne en matière de formation des enseignants.* Neuchatel: Institut de recherche et de développement pédagogique.

Vandenplas-Holper, Ch. 1989. " La formation à l'observation et à l'évaluation dans une perspective constructiviste. " *Revue française de pédagogie,* 88: 59-66.

Van Der Maren, J.M. 1993. " Savoirs enseignants et professionnalisation de l'enseignement. " *Revue des sciences de l'éducation,* Vol. XIX, No. 1, pp. 153-172.

Zimmermann, M.L.; Mvou, R. 1985. " Représentations d'élèves - outils pour la formation des maîtres. " *Actes JIES* 7: 429-436.

# Publications et documents de l'IIPE

Plus de 750 ouvrages sur la planification de l'éducation ont été publies par l'Institut international de planification de l 'éducation. Ils figurent dans un catalogue détaillé qui comprend rapports de recherches, études de cas, documents de séminaires, matériels didactiques cahiers de L'IIPE et ouvrages de référence traitant des sujets suivants:

*L'économie de l'éducation, coûts et financement*

*Main-d'oeuvre et emploi.*

*Etudes démographiques.*

*La carte scolaire, planification sous-nationale.*

*Administration et gestion.*

*Elaboration et évaluation des programmes scolaires.*

*Technologies éducatives.*

*Enseignement primaire, secondaire et supérieur.*

*Formation professionnelle et enseignement technique.*

*Enseignement non formel et extrascolaire: enseignement des adultes et enseignement rural.*

Pour obtenir le catalogue, s'adresser à l'Unité des publications de l'IIPE.

# L'Institut international de planification de l'éducation

L'Institut international de planification de l'éducation (IIPE) est un centre international, crée par l'UNESCO en 1963, pour la formation et la recherche dans le domaine de la planification de l'éducation. Le financement de l'Institut est assure par l'UNESCO et les contributions volontaires des Etats membres. Au cours des dernières années, l'Institut a reçu des contributions volontaires des Etats membres suivants: Belgique, Canada, Danemark, Finlande, Inde, Irlande, Islande, Norvege, Suède, Suisse et Venezuela.

L'lnstitut a Dour but de contribuer au développement de l'éducation à travers le monde par l'accroissement aussi bien des connaissances que du nombre d'experts compétents en matière de planification de l'éducation. Pour atteindre ce but, l'Institut apporte sa collaboration aux organisations dans les Etats membres qui s'intéressent à cet aspect de la formation et de la recherche. Le Conseil d'administration de l'IIPE, qui donne son accord au programme et au budget de l'Institut, se compose de huit membres élus et de quatre membres désignés par l'Organisation des Nations Unies et par certains de ses institutions et instituts spécialises.

*Président:*
*Victor L. Urquidi* (Mexique), Professeur-Chercheur Emérite, El Colegio de Mexico, Mexico.

*Membres désignés:*
*Arturo Nuilez del Prado,* Directeur, Institut latino-américain et des Cara•bes de planification économique et sociale, Santiago.
*Christian Ossa,* Directeur, Division de l'Analyse générale et des politiques, Département des Affaires économiques et sociales internationales, Nations Unies.
*Visvanathan Rajagopalan,* vice-président, Conseiller auprès du Président, Banque mondiale.
*Allan F. Salt,* Directeur, Département de la formation, Bureau international du travail.

*Membres élus:*
*Isao Amagi* (Japon), Conseiller auprès du Ministre de l'éducation, des sciences et de la culture, Tokyo.
*Mohamed Dowidar* (Egypte), Professeur et Président du Département d'économie, Faculté de droit, Université d'Alexandrie, Alexandrie.
*Kabiru Kinyaniui* (Kenya), Directeur des programmes, Division des Sciences sociales, Centre de recherche pour le développement international, Nairobi.
*Tamas Kozma* (Hongrie), Directeur général, Institut hongrois pour la recherche en éducation, Budapest
*Yolanda M. Royas* (Costa Rica), Vice-Recteur d'Académie, Université de Costa Rica, San José.
*Michel Vernières* (France), Professeur de Sciences économiques, Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, Paris.
*Lennart Wohlgemuth* (Suède), Directeur, Institut scandinave des études africaines, Uppsala.

*Pour obtenir des renseignements sur l'institut s'adresser à :*
Secrétariat du Directeur, Institut international de planification de l'éducation,
7-9, rue Eugène Delacroix, 75116 Paris, France.

## L'ouvrage

Une culture scientifique et technique est un facteur essentiel de compétitivité économique et de rayonnement industriel d'une société. Dans le même temps, la maîtrise des savoirs scientifiques et techniques est un facteur de stabilité et d'évolution sociale. D'un côté, l'évolution très rapide des techniques modernes tend à déstabiliser les valeurs éthiques et culturelles. De l'autre, le développement des technologies de communication et de traitement de l'information (télématique, informatique, robotique...), la maîtrise des biotechnologies sont en train de modifier nos modes de production et de consommation. Face à ces enjeux, les savoirs scientifiques, techniques et médicaux ne peuvent plus rester enfermés dans les laboratoires, ils doivent être partagés par le plus grand nombre. L'école a un rôle important à jouer à condition qu'elle sache se réformer en profondeur.

En prenant appui sur un état de la question effectué dans le monde francophone, cet ouvrage tente de faire le point sur les enjeux actuels en matière d'éducation scientifique. En premier, il semble important de débattre des finalités de l'éducation scientifique et cela de la manière la plus large, ce qui conduit à revoir les programmes d'enseignement. Dans le même temps, les recherches didactiques portant sur l'apprentissage des élèves en sciences transforment profondément les idées sur l'enseignement, et notamment sur le rôle de l'enseignant. L'accent est mis sur les activités de mise en relation que l'élève réalise entre le savoir nouveau qu'il doit maîtriser, et les connaissances préalables dont il dispose. En fait, l'enjeu principal est la formation des enseignants. Pour devenir expert en pédagogie, l'enseignant doit acquérir un certain nombre de connaissances, de techniques ou de compétences au sens large.

Ces propositions nécessitent une volonté politique clairement affichée, tant dans l'importance des budgets, que dans la nécessité d'aller jusqu'au bout en assurant une cohérence sur l'ensemble des choix.

## Les auteurs

André Giordan, agrégé de biologie est Professeur à l'Université de Genève où il y a créé le Laboratoire de didactique et épistémologie des sciences (LDES). Il est surtout connu pour ses travaux sur l'appropriation du savoir scientifique. Auteur ou éditeur d'une vingtaine de livres, on peut mentionner parmi ses principaux ouvrages : *Histoire de la biologie* (1987), *Les origines du savoir scientifique* (1987), *L'enseignement scientifique : comment faire pour que « ça marche »* (1989), *Psychologie génétique et didactique des sciences* (1989), *L'éducation pour l'environnement : mode d'emploi* (1991).

Yves Girault est Maître de Conférence au Muséum national d'histoire naturelle à Paris, et Professeur associé au Département de didactique de l'Université de Montréal. Ses principales recherches portent sur l'appropriation du savoir scientifique. Il a collaboré à des ouvrages de recherches : *Les communautés culturelles au Québec et la recherche en éducation* (1991), *Conception et connaissances* (1994), *Culture scientifique et technique de l'entreprise* (1994).