

Enseignement scientifique et technologique dans l'enseignement obligatoire : finalités, contenus et formation des maîtres

Françoise Beorchia, université de Caen-Basse-Normandie, IUFM,
Centre d'études et de recherches en sciences de l'éducation (CERSE, ÉA 965) ;
francoise.beorchia@caen.iufm.fr

Jean-Marie Boilevin, université de Provence, IUFM ; équipe GESTEPRO,
UMR P3 ADEF, Aix-Marseille Université, INRP ; jm.boilevin@aix-mrs.iufm.fr

I. Introduction

Depuis quelques années, de nombreux rapports et plans d'actions institutionnels visant à améliorer l'enseignement des sciences et de la technologie dans la scolarité obligatoire ont été publiés au niveau international. Mais le repérage et l'identification de ces rapports sont rendus très difficiles par l'origine variée des instigateurs de ces rapports allant des décideurs politiques (par exemple *Commission européenne*, ministères de l'éducation) à des associations ou des fondations influençant les décisions ministérielles (*Académie des sciences* en France par exemple). C'est ainsi que la *Commission européenne* a mis en place des groupes de travail ayant publié plusieurs documents sur ce thème (*High Level Group on Science Education*, 2004, 2007 ; *Working Group Increasing participation in Maths, Sciences and Technology*, 2003, 2004 ; Eurydice, 2006). De son côté, l'*Organisation de coopération et de développement économique* (OCDE, 2006a) organise le *Forum mondial des sciences* depuis quelques années.

En France, à côté de la publication des programmes officiels, le ministère de l'Éducation nationale est à l'origine de la publication de plusieurs rapports (Bach, 2004 ; inspection générale, 2001, 2006, 2007) sur ce thème. De plus, un *Haut conseil de la science et de la technologie* institué récemment participe à la réflexion (2007) tout comme le Sénat et l'Assemblée nationale (Blandin & Renar, 2003 ; Rolland, 2006). L'*Académie des sciences* est également impliquée de manière notoire (2004, 2005, 2006).

Si l'origine de ces rapports est variée, il en est de même des auteurs. Ils peuvent en effet appartenir au monde politique, aux ministères, au monde de la recherche ou parfois de l'enseignement. Quant au public visé par ces rapports, il s'agit essentiellement des décideurs politiques et institutionnels, mais il peut aussi s'agir des chercheurs, des universitaires et des enseignants, voire des parents d'élèves mais pratiquement jamais des étudiants ou des élèves.

La recherche en éducation n'est pas en reste. Ainsi le projet GRID (*Growing interest in the development of teaching science*), financé par la *Commission européenne*, présente un état des lieux des politiques éducatives visant à améliorer l'enseignement des sciences à l'école (GRID, 2006). Pour cela, les équipes de recherche participant à ce projet proposent une analyse des rapports et des plans d'actions institutionnels et des préconisations avancées à travers l'Europe. Ce projet a, de plus, élaboré un mémorandum des difficultés relatives à la revalorisation de l'enseignement des sciences à l'école à partir d'enquêtes menées dans plusieurs pays européens (Moebius & Magrefi, 2006).

L'ambition de ce projet est d'améliorer l'enseignement scientifique aux niveaux primaire et secondaire en essayant d'identifier certains modèles de fonctionnement susceptibles de faire l'objet de diffusion à grande échelle. Pour cela, il souhaite créer un réseau d'échanges de bonnes pratiques dans le domaine de l'enseignement des sciences en Europe au niveau des décideurs et des établissements scolaires directement impliqués dans des expérimentations innovantes¹. À partir des résultats des réflexions des représentants de neuf pays européens au cours de séminaires organisés par la Fondation Nuffield, Osborne et Dillon (2008) identifient les points de convergence et de divergence dans les formes d'éducation aux sciences déployées dans l'enseignement secondaire des pays européens participants. Ces auteurs repèrent des défauts dans les domaines des curriculums, de la pédagogie et de l'évaluation, mais le problème essentiel se trouve au niveau d'un des buts fondamentaux de l'éducation scientifique.

En effet, les évolutions des finalités de l'enseignement des sciences dans les curriculums et dans les standards de formation sont très importantes. Sous l'influence d'une visée sociétale, la prise en compte de la nature de la science et de ses pratiques dans l'enseignement occupe une place importante au même titre que l'apprentissage de connaissances scientifiques. Ces évolutions ont notamment modifié le rôle des activités expérimentales et l'apparition de l'enseignement des sciences par l'investigation scientifique (« *inquiry* ») dès le début des années soixante aux États-Unis (Schwab, 1962). Cette pratique d'enseignement est réapparue depuis de manière explicite dans de nombreux curriculums aux États-Unis mais aussi dans d'autres pays anglo-saxons : *Science for All Americans* (AAAS, 1989) ; *National Science Education Standards* (NRC, 1996) ; *English National Science Curriculum*² ; *Pan Canadian*

¹ Site Web de GRID : <<http://www.grid-network.eu>>.

² <http://curriculum.qca.org.uk/>

*Science Project*³. Celle-ci vise le développement d'une culture scientifique donnant une image plus riche et diversifiée des démarches scientifiques. Il s'agit de laisser davantage d'autonomie aux élèves en proposant des tâches plus ouvertes et des activités de niveau cognitif plus élevé. Les tâches de type « *hands' on* » ou de type investigation scientifique sont alors souvent utilisées car elles jouent un rôle important dans la motivation et l'intérêt pour les sciences en s'appuyant (pas toujours explicitement) sur des modèles didactiques de type socioconstructiviste et des situations de la vie réelle. On passe ainsi d'activités centrées sur des apprentissages manipulatoires ou conceptuels, organisées en démarches stéréotypées, à des démarches d'investigation ouvertes avec élaboration de questions, formulation d'hypothèses, etc.

Les objectifs de l'enseignement des sciences et de la technologie apparaissent ainsi multiples : proposer les bases d'une culture scientifique et technique à tous les élèves ; augmenter l'intérêt pour les sciences et les études scientifiques et technologiques ainsi que pour les carrières scientifiques. Ces recommandations ou ces injonctions s'appuient le plus souvent sur des standards de formation visant des compétences de base. Mais cette dernière expression peut revêtir des significations différentes suivant les systèmes éducatifs et s'appuyer sur des références contradictoires (sciences humaines et management).

De plus, derrière les enjeux de cet enseignement dans le primaire et le secondaire inférieur, des tensions ou certains paradoxes peuvent être décelés :

– en ce qui concerne les finalités de ces apprentissages : s'agit-il de développer l'aspect socioéconomique (plus de compétences, plus de progrès, plus d'emplois) ou bien de favoriser l'aspect social, culturel et politique (plus de connaissances, plus d'esprit critique et citoyen, plus de démocratie) ? ;

– en ce qui concerne les contenus d'enseignement : d'un côté on vise des connaissances pertinentes et utiles mais on cherche aussi à faire acquérir une certaine rationalité liée au travail de conceptualisation ;

– en ce qui concerne l'évaluation des résultats : PISA (OCDE, 2006b) mesure des compétences dans différents domaines et met en évidence des écarts entre les pays mais aussi des écarts entre les populations d'élèves issus de milieux socio-culturels différents. Que cherche-t-on vraiment dans la mise en place de ces évaluations : s'agit-il d'utiliser les résultats comme des outils de connaissance scientifique ou bien comme des moyens d'infléchir les politiques éducatives et les fonctionnements des systèmes éducatifs ?

Plusieurs directions envisagées par les différents prescripteurs semblent questionner particulièrement le champ des recherches en didactique des sciences et des techniques. C'est le cas des projets de refondation partielle des disciplines scolaires ou de réforme des curriculums : enseignement intégré de sciences et de technologie, éducations à – citoyenneté, santé, environnement, développement

3 <http://www.cmec.ca/science/>

durable, etc. De plus, l'accent est souvent mis dans ces rapports sur une nécessaire modification des méthodes d'enseignement ou le recours aux TICE.

Par exemple, en France, les programmes scolaires publiés récemment pour le primaire (France : MÉN, 2008a) préconisent un « *retour aux fondamentaux* ». Pour ce qui concerne le secondaire inférieur, les instructions officielles (France : MÉN, 2008b) mettent l'accent sur l'enseignement scientifique et technologique par la démarche d'investigation et sur la mise en relation des savoirs disciplinaires à travers les thèmes de convergence (thèmes pour lesquels les enseignants de plusieurs disciplines doivent travailler ensemble à la conception de projets de séquences de classe). De plus, l'introduction du *Socle commun des connaissances et des compétences* (France : MÉN, 2006) amène à repenser les objectifs d'apprentissage et les procédures d'évaluation.

On voit que se dessinent, à travers ses nouvelles prescriptions et leur mise en œuvre, la question des contenus d'enseignement et celle de leur transmission-appropriation. Ces deux questions sont au cœur de la réflexion proposée dans ce numéro de la revue.

Ainsi, en ce qui concerne les savoirs, certains concepts communs à la biologie ou à la géologie, aux sciences physiques et à la technologie (énergie, matière, information...) sont travaillés à différents niveaux de la scolarité obligatoire dans des thèmes de convergence (c'est-à-dire pouvant impliquer des disciplines différentes), mais aussi dans des thèmes propres à chaque discipline. Leur niveau de formulation, leur appropriation par les élèves, la façon dont ils sont abordés dans ces différents thèmes sont des points à explorer.

De plus, la nécessité de se pencher sur ces concepts transversaux et sur leur « transversalité » engage la réflexion sur les dispositifs d'enseignement-apprentissage permettant de les aborder de façon pertinente.

La prise de distance historique et/ou épistémologique doit aider à l'analyse de ces différentes évolutions. Ce numéro de la revue *Aster* présente des articles :

– portant sur une réflexion historique, épistémologique et/ou didactique sur les nouvelles orientations des prescriptions (Lebeaume ; Coquidé, Fortin & Rumelhard ; Lhoste & Peterfalvi) ;

– portant sur les pratiques mises en place dans les classes du primaire et du collège (secondaire inférieur) et sur les outils de l'enseignant en relation avec les évolutions des prescriptions (Marlot ; Gardet & Caumeil ; Grugier) ;

– portant sur les liens entre contenus d'enseignement dans le cadre d'une recherche de cohérence verticale et horizontale (Lebeaume ; Coquidé, Fortin & Rumelhard ; Lhoste & Peterfalvi) ;

– portant sur la formation des enseignants, les aides, les outils qui semblent nécessaires aux enseignants par rapport à ces évolutions (Gardet & Caumeil ; Grugier).

2. Dispositifs et démarches : unité ou simple ressemblance ?

Un regard rapide sur les démarches adoptées dans l'enseignement des sciences dans différents pays (occidentaux) suggère une certaine unité ; l'investigation semble être au centre avec une préoccupation constante : rendre l'élève actif dans les apprentissages, le motiver, attirer plus d'élèves vers les études scientifiques. Cette unité est soulignée par exemple dans l'article de Coquidé, Fortin et Rumelhard à propos de la démarche d'investigation généralisée en France à l'école primaire puis au collège et dans celui de Lebeaume à propos de *l'Enseignement intégré de sciences et technologie* (EIST). En ce qui concerne l'enseignement de la technologie, cette unité semble moins évidente au niveau mondial bien que la démarche d'investigation soit adoptée actuellement dans l'enseignement français, comme le montre l'article de Grugier.

Avec quelques difficultés, un autre enjeu qui semble s'imposer est celui de la cohérence de la construction scientifique au-delà du morcellement apparent des disciplines scolaires : il concerne l'expérimentation actuelle de l'enseignement intégré et peut-être l'enseignement scientifique et technologique à l'école primaire, retrouvant des questions abordées plus anciennement lors de la mise en place des *Travaux scientifiques expérimentaux* (TSE) ou de *l'Enseignement scientifique expérimental* (ESE). L'éclairage historique apporté par l'article de Lebeaume pose en effet la question de l'enseignement scientifique et de l'indifférenciation disciplinaire. « *S'agit-il d'un enseignement indifférencié ou d'un enseignement coordonné, c'est-à-dire de travaux et d'études dont l'horizon est la progressive différenciation disciplinaire ou bien d'un enseignement thématique qui permet la coexistence d'activités ou d'expériences aux étiquettes disciplinaires multiples ?* » (p. 25).

Cependant, derrière cette unité apparente, des questions, des tensions, des contradictions émergent : nous pouvons les regrouper selon différents axes.

2.1. Fondements, enjeux

La démarche d'investigation ou ses équivalents dans les pays anglo-saxons a été conçue pour impliquer et motiver les élèves dans les disciplines scientifiques qui souffrent d'une désaffection certaine comme le soulignent les articles de Lebeaume et de Coquidé, Fortin et Rumelhard. Toutefois, les textes officiels français ne font pas référence à un modèle didactique ou à une théorie de l'apprentissage comme le font remarquer Marlot ou Coquidé, Fortin et Rumelhard. Si les enjeux apparaissent clairs, on peut s'interroger sur les fondements, les origines de ces démarches.

Les analyses épistémologiques proposées par Coquidé, Fortin et Rumelhard mettent en avant les origines possibles de ces prescriptions actuelles. La démarche d'investigation s'inspirerait plus de la démarche de Dewey que du modèle *Investigation structuration* développé au sein de l'INRP il y a quelques années. La

différence se situerait dans la prise en compte des représentations des élèves et des obstacles sous-jacents, centrale dans le modèle *Investigation structuration*, alors qu'elle est seulement évoquée dans la démarche d'investigation (« *Ce guidage [par le professeur] ne doit pas amener à occulter ces conceptions initiales, mais au contraire vise à faire naître le questionnement* », France : MÉN, 2008, p. 4).

Pourtant, les prescriptions concernant la démarche d'investigation soulignent l'importance de la construction du savoir par l'élève : il y a bien compatibilité entre une démarche d'investigation inspirée de Dewey et l'idée constructiviste si on conçoit les apprentissages comme un processus continu ; en revanche, le cadre didactique français, en particulier celui issu du modèle *Investigation structuration*, reprenant le concept bachelardien d'obstacle, envisage la construction du savoir en rupture et non en continuité. Trois des articles (Coquidé, Fortin & Rumelhard, Lhoste & Peterfalvi, Marlot) de ce numéro utilisent le terme d'obstacle en référence soit à Bachelard, soit à Astolfi et Peterfalvi. Les analyses épistémologiques menées mettent en évidence un certain nombre d'obstacles épistémologiques, envisagés comme « *empêchant l'identification des problèmes* » ou encore comme « *raisonnements non pertinents dans le champ scientifique* » (Lhoste & Peterfalvi), comme conception à dépasser (Coquidé, Fortin & Rumelhard). Marlot met l'accent sur les limites d'une utilisation simpliste du concept d'obstacle, vu souvent par les enseignants comme un empêchement à apprendre. Elle souligne cependant son importance comme outil d'aide pour la régulation enseignante.

Il apparaît donc que si l'obstacle bachelardien ne figure pas dans les textes officiels préconisant le recours à la démarche d'investigation, c'est un concept utilisé et utile dans les recherches en didactique des sciences (SVT en particulier). En revanche, la filiation entre le modèle *Investigation structuration* et la démarche d'investigation ne semble pas aller de soi en l'absence de cet élément important dans celle-ci.

Par ailleurs, Coquidé, Fortin et Rumelhard, mais aussi Lhoste et Peterfalvi soulignent deux points importants de l'investigation scientifique qui ne sont pas explicitement identifiés dans les prescriptions :

- les activités des élèves peuvent renvoyer à deux types d'opérations : d'un côté celles liées à l'empirique (du côté de la pratique), de l'autre celles liées au conceptuel (élaboration d'hypothèses, de théories, de modèles). Ces deux types d'opérations ou d'activités (objets idéels ou conceptuels et activités impliquant pratiques et observations, réfèrent empirique et construction du concept) sont à la fois distinctes et indissociables ; cette distinction renvoie à un cadre rationaliste, elle n'existe pas dans l'empirisme.

- le contrôle de l'enquête, soit par des mises à l'épreuve expérimentale, soit par les normes, principes structurants, contraintes théoriques.

Coquidé, Fortin et Rumelhard soulignent (p. 58) le caractère empirico-inductiviste de la démarche d'investigation qui enchaîne des mises à l'épreuve successives, comme si la production d'hypothèses par les élèves était infinie et la production de connaissances provenait de l'expérimentation.

Lhoste et Peterfalvi rappellent (p. 81) l'importance, dans un cadre rationaliste bachelardien, de la délimitation du champ des possibles par d'autres éléments (normes, contraintes théoriques, principes structurants) que des faits expérimentaux.

Si la démarche d'investigation renvoie bien à une investigation scientifique, centrée sur un problème et une exploration des solutions possibles, peut-elle se limiter à un processus linéaire (de nature inductiviste), d'une part, et à une confusion entre faits et théories, d'autre part (dans une approche empiriste) ?

Cette première approche des démarches analysées par les chercheurs met en évidence l'absence, dans les prescriptions, d'éléments épistémologiques de référence permettant aux enseignants d'en comprendre les fondements. Comme le signale Marlot, les prescriptions concernant la démarche d'investigation ne pourraient-elles pas comporter une recherche d'explicitation des fondements sur lesquels elle s'appuie, ce qui aiderait à sa compréhension et peut-être à sa mise en œuvre ?

De son côté, Lebeaume montre les difficultés rencontrées par les innovations ou les incitations institutionnelles face à la forte structuration du curriculum français en disciplines scolaires. Pour cet auteur, les tentatives des TSE, ESE et enseignement intégré visent à construire chez les élèves une représentation plus juste de l'unité de fonctionnement des sciences, mais se heurtent à la logique de répartition temporelle des matières enseignées soit à un même niveau du curriculum soit à des niveaux différents.

L'unité de fonctionnement des sciences est-elle une évidence ? Que recouvre-t-elle exactement ?

S'agit-il seulement de limiter la compartimentation des disciplines en référence au caractère interdisciplinaire nécessaire des initiations scientifiques, tel que le préconisait Piaget en 1973 ? Qu'y a-t-il de commun actuellement entre les méthodes et concepts construits en biologie moléculaire et ceux utilisés en physique nucléaire, entre les processus de conception d'objets technologiques et ceux d'élaboration de modèles de physiologie animale ? Si on admet que cette unité existe, peut-elle se construire seulement à partir d'un modèle de démarche commun aux différentes disciplines scientifiques et technologiques ?

L'analyse historique développée par Lebeaume sur les ESE et TSE pointe deux aspects qui peuvent expliquer cette recherche d'unité au niveau scolaire :

– le premier (p. 28) est la mise en avant de l'activité de l'élève dans ses différentes dimensions, à la fois contre la passivité supposée de celui-ci lors des leçons de choses mais aussi contre l'activité exclusivement fabricatrice. On peut rattacher

cette dimension au cadre constructiviste de la démarche actuelle qui privilégie la construction du savoir par l'élève.

– le second relève plus d'un principe unificateur du fonctionnement scientifique, qui ne correspond pas à une uniformisation des disciplines mais plutôt à la recherche de notions communes dans l'ensemble des disciplines scientifiques, relevant de la physique, de la chimie, de la biologie, de la géologie, de la technologie (p. 36).

N'y a-t-il pas nécessité, pour asseoir une telle représentation, de s'appuyer sur une cohérence horizontale et verticale axée aussi sur des contenus ? Nous reviendrons sur ce point à la section 3.

2.2. Pratiques dans les classes

Certaines difficultés de mises en œuvre sont relevées par plusieurs des articles : leurs caractéristiques demandent à être explorées pour comprendre leurs origines et ainsi pouvoir envisager des dispositifs de formation.

Pour Grugier, certains changements dans la pratique des enseignants de technologie sont difficiles à effectuer. Ces derniers sont en effet plus centrés sur les objets à réaliser que sur les démarches à utiliser. Démarche de projet et démarche d'investigation sont confondues par les enseignants mais aussi quelquefois par les formateurs eux-mêmes. Pourtant, si la démarche d'investigation est centrée sur un problème à résoudre comme le soulignent Coquidé, Fortin et Rumelhard, n'est-elle pas aussi une démarche de projet, ce dernier étant de résoudre un problème théorique ou pratique ? La démarche de projet en technologie telle qu'elle était conçue dans les programmes antérieurs ne laissait-elle pas à l'enseignant le rôle de concepteur et à l'élève celui d'exécutant du cahier des charges ? Si la finalité du projet est la production de l'objet, l'élève peut voir son rôle restreint à l'exécution du cahier des charges, l'enseignant en étant son concepteur. En revanche, si la finalité du projet est la résolution d'un problème (théorique ou pratique) en relation avec un objet (fabriqué ou à fabriquer), ce dernier est mis en arrière-plan au profit du problème à résoudre.

Dans la nouvelle démarche préconisée, la finalité du projet est la compréhension de l'objet, en tant que système complexe dont on va explorer un aspect posant problème. L'objet technologique change ainsi de fonction dans cette nouvelle démarche : il n'est plus le produit à fabriquer mais le support à analyser pour en comprendre les principes de fonctionnement. Par ailleurs, l'idée de réalisation collective ne semble pas faire l'unanimité parmi les enseignants interrogés par Grugier car elle s'oppose à la production individuelle à l'œuvre dans les anciens programmes.

Marlot s'intéresse, quant à elle, à l'enseignement des sciences à l'école élémentaire par la démarche d'investigation. Elle montre que les prescriptions sont

appliquées par les enseignantes observées sans prise de distance mais avec des orientations diverses : repli sur les pratiques langagières déconnectées des savoirs, recours à l'épistémologie du vrai/faux... en relation avec une maîtrise insuffisante des savoirs en jeu. En s'appuyant sur le cadre de la théorie de l'action conjointe (Sensevy & Mercier, 2007), elle met en évidence un phénomène de « *glissement de jeu d'apprentissage* » provoquant un « *évanouissement des savoirs* ». Pour Marlot, ce phénomène n'est pas seulement lié aux instructions officielles, mais aussi à la fragilité des ancrages didactique et épistémologique liée aux pratiques socio-constructivistes chez les enseignants.

L'article de Coquidé, Fortin et Rumelhard évoque certaines difficultés à mettre en place la démarche d'investigation en SVT. Ainsi, la classification des êtres vivants est-elle un thème se prêtant à une démarche d'investigation par les élèves ? Dans l'analyse présentée, on peut s'apercevoir que l'investigation, si elle existe, est extrêmement limitée par la situation choisie par l'enseignant dont le but est la classification phylogénétique : dans ces conditions, peut-on parler d'investigation ? Et qu'en est-il des obstacles ? L'investigation déconnectée du cadre théorique de l'évolution ne peut pas être une exploration du champ des possibles mais seulement une ligne sans ramifications, un chemin unique que l'élève parcourt sans en comprendre la finalité.

2.3. Conditions de possibilité d'une investigation scientifique scolaire

L'article de Coquidé, Fortin et Rumelhard insiste sur la nécessité de ne pas réduire l'investigation à « *des procédés de construction des savoirs et à un entraînement à certains types de raisonnement et de construction des savoirs* », même si cette solution permet de prendre en compte diverses contraintes scolaires (matérielles, temps didactique, etc.). Est-il envisageable de faire fonctionner l'investigation à vide sans contenu conceptuel ?

Cela ne peut se faire qu'au prix d'un travail sur les situations d'enseignement-apprentissage que l'on peut proposer aux élèves ; ces situations doivent en effet permettre aux élèves à la fois d'avoir une réelle activité de recherche mais aussi de construire des savoirs scientifiques bien identifiés.

Centré sur le problème et le processus de problématisation, dans le cadre des travaux du CREN, l'article proposé par Lhoste et Peterfalvi envisage les relations entre disciplines (ici SVT et chimie) en partant d'une analyse approfondie des concepts en jeu qui s'appuie sur le cadre théorique de Orange (2000). Cette tentative s'inscrit dans un projet de recherche qui vise à concilier travail des obstacles et centration sur la problématisation dans des démarches d'apprentissage qui mettent l'accent sur la construction du problème plus que sur sa résolution. Dans la voie ouverte par Astolfi (Astolfi & Peterfalvi, 1993), ces travaux cherchent à redonner aux savoirs scientifiques toute leur dimension apodictique, c'est-à-dire à maintenir la relation forte qui lie savoirs et problèmes.

Lebeaume souligne les tensions existant dans les dispositifs interdisciplinaires mis en place pour aller contre une représentation des sciences trop cloisonnée dans l'enseignement. Les analyses qu'il propose des initiatives, telles que les TSE et ESE, donnent des éléments de compréhension des fondements de la démarche d'investigation et des pistes explorées actuellement par l'enseignement intégré de science et de technologie. La mise en place de l'enseignement intégré et de la démarche d'investigation dans l'ensemble des disciplines scientifiques constitue-t-elle réellement une rupture permettant d'assurer la cohérence horizontale recherchée ? Nous nous proposons de rediscuter de cette question dans le paragraphe qui suit en ce qui concerne les contenus d'enseignement.

3. Les contenus

Les contenus des instructions officielles concernant l'enseignement des sciences et de la technologie ne précisent pas toujours clairement les objectifs visés :

– s'agit-il de faire acquérir aux élèves un mode de raisonnement au travers de démarches d'investigation ou bien de leur faire construire des concepts scientifiques en rupture avec ceux du sens commun ?

– S'agit-il de leur faire apprendre les résultats scientifiques sans aucune liaison avec les problèmes auxquels ils sont liés, ou bien de les amener à élaborer des explications scientifiques en réponse à des problèmes qu'ils ont réellement construits ?

– S'agit-il de leur donner une image du fonctionnement scientifique comme stéréotypé et orienté par des principes sous-jacents le plus souvent obscurs (pour eux) ou bien comme un processus en perpétuel mouvement dans diverses directions mais dans un cadre choisi de façon rationnelle et consciente ?

Ces questions très générales et peut-être trop brutales peuvent être travaillées en utilisant deux notions très courantes dans les prescriptions mais pourtant peu mises en pratiques :

– la cohérence verticale s'intéresse à la façon dont les concepts disciplinaires sont travaillés tout au long de la scolarité dans chacune des disciplines.

– La cohérence horizontale s'applique à coordonner les enseignements disciplinaires soit en organisant des travaux thématiques impliquant deux ou plusieurs disciplines, soit en favorisant des enseignements pluridisciplinaires.

Ces deux types de cohérence sont, avant tout, une construction des prescripteurs (Lebeaume, p. 38), apparue vers 1923 sous les termes de concordance ou coordination des enseignements. Elles ont pour ambition de favoriser une mise en ordre du monde en coordonnant ou en faisant converger les trois mondes de la nature, inerte et vivante, et des objets (Lebeaume, p. 39), mais aussi de donner aux élèves une représentation plus juste de l'unité du fonctionnement scientifique

en opposition avec une image morcelée existant à tous les niveaux de l'enseignement et surtout depuis le collège jusqu'à l'université.

La cohérence verticale est envisagée par rapport aux obstacles et aux problèmes dans l'article proposé par Lhoste et Peterfalvi. Ainsi, la construction du concept de nutrition à différents niveaux de la scolarité est analysée en référence aux problèmes pouvant être posés et construits par les élèves. Cette étude fait aussi le lien avec l'identification des obstacles concernant ce thème (Giordan & de Vecchi, 1987 ; Clément, 1991) pour proposer des niveaux de formulation des concepts travaillés.

Elle est aussi explorée, plutôt comme conditions de possibilité ou prérequis, dans l'article de Coquidé, Fortin et Rumelhard dans la partie consacrée à la respiration par exemple, ainsi que dans l'étude consacrée à la construction de la classification.

La question de la cohérence horizontale entre les disciplines scientifiques et technologiques est posée, quant à elle, par Lebeaume. S'appuyant sur les expériences ESE, TSE, il note que la recherche de cohérence horizontale se heurte à la cohérence verticale des disciplines. On retrouve cette question dans l'article de Lhoste et Peterfalvi mais aussi dans celui de Coquidé, Fortin et Rumelhard. Les premiers soulignent les liens importants entre les savoirs biologiques qui se construisent sur le thème de la nutrition et les connaissances physico-chimiques devant être mobilisées par les élèves dans ce travail, ce qui soulève le problème du moment d'enseignement dans les deux champs disciplinaires.

Cette recherche de cohérence horizontale conduit ainsi les prescripteurs à rédiger une introduction commune pour les programmes d'enseignement de sciences, de technologie et de mathématiques au collège en France. De plus, pour Grugier, en introduisant de nouvelles démarches (investigation, résolution de problème), le nouveau curriculum prescrit pour l'enseignement de la technologie en France se rapproche des curriculums de sciences. Mais cette nouveauté questionne la formation mise en place.

4. La question de la formation des enseignants

La formation des enseignants se heurte à deux types de difficultés :

– soit les enseignants (ou futurs enseignants) sont experts quand ils sont issus des disciplines scientifiques mais le cloisonnement universitaire dont ils sont issus les rend peu perméables aux réflexions interdisciplinaires, épistémologiques et didactiques ;

– soit ils ne sont pas experts scientifiquement et leur tendance peut être d'appliquer à la lettre les pratiques prescrites en perdant de vue l'importance des savoirs en jeu, comme le montre Marlot.

La prise en compte des parcours universitaires est sans doute une des conditions pour concevoir des formations en adéquation avec les besoins repérés. De

façon plus fine, les obstacles et les difficultés repérés concernent un aspect de la formation largement sous-représenté dans les dispositifs actuels (et sans doute à venir) : l'épistémologie des disciplines scientifiques et technologiques d'un point de vue général et d'un point de vue plus particulier sur les différents concepts travaillés dans celles-ci.

4.1. Les obstacles et difficultés

L'article de Lebeaume donne des indications sur ce qui peut faire obstacle au changement dans l'enseignement scientifique, en particulier en ce qui concerne l'enseignement intégré : le cloisonnement disciplinaire dès le collège mais aussi dans les classes primaires pour diverses raisons (formation universitaire, emploi du temps, etc.).

Celui de Grugier indique une autre source de difficultés qui est celle des conceptions et des coutumes enseignantes instaurées dans certains secteurs, voire l'influence des fournisseurs de matériel scolaire. On retrouve cette dernière source dans la constitution des mallettes pédagogiques dont il est question dans l'article de Gardet et Caumeil. Dans les deux cas, le matériel tend à effacer toute discussion, toute réflexion approfondie sur les contenus et les savoirs en jeu du côté des enseignants, comme si les objets eux-mêmes étaient porteurs du savoir à enseigner.

Outre les dispositifs classiques de formation (initiale et continue), des aides particulières ont pu être apportées aux enseignants (en particulier ceux du primaire) : c'est le cas de l'accompagnement par un scientifique qui fait l'objet de l'article de Gardet et Caumeil. Leur étude des échanges verbaux entre accompagnant et accompagné pointe les limites de ce type de dispositif, au moins en ce qui concerne le cas analysé (les accompagnants sont des étudiants et non des experts). Elle ouvre des perspectives de réflexion sur « *un geste professionnel problématique* », le partenariat éducatif.

À l'issue de ces constats plutôt négatifs, quelques pistes semblent cependant se dessiner.

4.2. Des orientations souhaitables

En arrière-plan des questions qui concernent les apprentissages scientifiques des élèves, se posent les questions de formation des enseignants et en particulier dans le domaine de l'épistémologie scientifique et disciplinaire. Quelques pistes de travail se dégagent des articles de ce numéro :

– les approfondissements épistémologiques nécessaires à l'enseignement des concepts : seuls des travaux épistémologiques approfondis tels que ceux de Coquidé, Fortin et Rumelhard, Lhoste et Peterfalvi offrent des outils utilisables dans les dispositifs de formation, à condition toutefois qu'ils soient suffisamment

diffusés et adaptés au public. En effet, l'utilisation de résultats de la recherche en didactique dans un autre domaine (ici celui de la formation) s'accompagne inévitablement d'un phénomène de transposition didactique et donc d'une réorganisation de ces données (Schneeberger & Triquet, 2001) ;

– les analyses historiques d'innovation : ce sont des outils de compréhension des fondements et des enjeux des démarches et dispositifs mis en place par les prescripteurs (Lebeaume) ;

– un dispositif qui mériterait sans doute d'être travaillé : l'accompagnement par un étudiant scientifique en repensant la distribution des rôles de l'enseignant et de l'accompagnateur dont le statut nécessiterait d'être précisé (Gardet & Caumeil).

Mais se pose alors la question de la formation des formateurs impliqués dans ces actions. En effet, pour proposer des formations qui ne se limitent pas à des accompagnements, mais qui visent de réelles transformations des pratiques, il faut travailler la nécessaire compréhension par les formateurs des logiques d'action des enseignants et leurs conceptions sur l'enseignement et l'apprentissage (Grugier ; Marlot).

5. Conclusion

Comme nous l'avons vu, les évolutions des finalités de l'enseignement des sciences et de la technologie, dans les curriculums et dans les standards de formation, s'avèrent très importantes. Les objectifs de cet enseignement apparaissent ainsi multiples : proposer les bases d'une culture scientifique et technique à tous les élèves ; augmenter l'intérêt pour les sciences et les études scientifiques et technologiques ainsi que pour les carrières scientifiques. Les recommandations ou les injonctions promulguées par les instructions officielles s'appuient le plus souvent sur des standards de formation visant l'acquisition de compétences de base.

Mais derrière les enjeux de cet enseignement à l'école obligatoire, des tensions ou certains paradoxes peuvent être décelés :

– en ce qui concerne les finalités de ces apprentissages : s'agit-il de développer l'aspect socioéconomique ou bien de favoriser l'aspect social, culturel et politique ? ;

– en ce qui concerne les contenus d'enseignement : vise-t-on l'appropriation de connaissances pertinentes et utiles ou cherche-t-on aussi à faire acquérir une certaine rationalité liée au travail de conceptualisation ? ;

– en ce qui concerne l'évaluation de ces nouveaux dispositifs ou celle des élèves : que cherche-t-on vraiment dans la mise en place de ces évaluations ?

Les articles proposés dans ce numéro abordent certaines de ces questions, notamment celle concernant les contenus d'enseignement des sciences et de la

technologie et celle s'intéressant à leur transmission-appropriation. L'analyse épistémologique et didactique de certains contenus et démarches d'enseignement prescrits permet alors d'identifier et d'interpréter des orientations souvent peu explicites dans les instructions officielles. De plus, la prise de distance historique et épistémologique aide à l'analyse de ces différentes évolutions.

Mais, en arrière-plan de ces choix de contenus ou de démarches, la définition de ce qu'est une culture scientifique et technologique est recherchée et les enjeux de son acquisition sont identifiables. Tous les rapports évoqués précédemment parlent de culture scientifique, mais le plus souvent sans jamais préciser le sens accordé à cette expression, ce qui ne facilite pas les comparaisons et les analyses ; à cela il faut ajouter des difficultés liées aux traductions puisqu'on trouve dans la littérature des termes comme culture scientifique et technique, alphabétisation scientifique ou encore littératie scientifique. Cette question, abordée par Fourez (1994), semble toujours d'actualité.

Toutes les questions envisagées pour la recherche sur l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école obligatoire n'ont pas été abordées dans ce numéro. Il reste donc bien des pistes à emprunter pour poursuivre les recherches sur ce thème en incluant la formation des maîtres, notamment à travers la question de la formation épistémologique et historique des enseignants de sciences et de technologie. De plus, il semble que l'approche par compétences introduite dans les nouveaux curriculums questionne la transmission-appropriation des savoirs d'autant que la notion de compétence s'avère complexe à appréhender (Rey, 2008) car les cadres interprétatifs sont nombreux et pas forcément compatibles. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n° 16, p. 103-149.
- CLEMENT P. (1991). Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, n° 13, p. 133-155.
- FOUREZ, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- Growing Interest in the Development of Teaching Science (GRID) (2006). Report of the reports and of the initiatives. GRID Project. Disponible sur Internet : <http://www.grid-network.eu/outputs/GRID_Analysis_Report.pdf> (consulté le 15 janvier 2008).
- GIORDAN A. & DE VECCHI G. (1987). *Les origines du savoir*. Lausanne : Delachaux & Niestlé.
- MOEBIUS S. & MAGREFI F. (éd.) (2006). *Memorandum on the Obstacles hindering the upgrading of science teaching at school*. GRID Project. Disponible sur Internet : <http://www.grid-network.eu/outputs/GRID_Memorandum.pdf> (consulté le 15 janvier 2008).

- ORANGE C. (2000). *Idées et raisons : Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- OSBORNE J. & DILLON J. (2008). *Science Education in Europe: Critical reflections*. The Nuffield Foundation.
- REY O. (2008). De la transmission des savoirs à l'approche par compétences. *Dossier d'actualité n° 34*. Disponible sur Internet : <http://www.inrp.fr/vst/LettreVST/pdf/34_avril2008.pdf> (consulté le 7 mai 2008).
- SCHWAB- J. (1962). The teaching of science as enquiry. In *The teaching of science*. Cambridge, MA : Harvard University Press, p. 1-103.
- SCHNEEBERGER P. & TRIQUET É. (2001). Didactique et formation des enseignants. Des recherches en didactique des sciences à la formation des enseignants : quels liens, quelles interactions ? *Aster*, n° 32, p. 3-13.
- SENSEVY G. & MERCIER A. (2007). Agir ensemble : l'action didactique conjointe. In G. Sensevy & A. Mercier (éd.). *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Rennes : PUR.

TEXTES ET RAPPORTS D'ORIGINE INSTITUTIONNELLE

- ACADÉMIE DES SCIENCES (2004). *Avis de l'Académie des sciences sur l'enseignement scientifique et technique dans la scolarité obligatoire ; école et collège*.
- ACADÉMIE DES SCIENCES (2005). *Recommandations communes de l'Académie des sciences et de l'académie des technologies*.
- ACADÉMIE DES SCIENCES. (2006). *Déclaration sur l'enseignement*.
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1989). *Science for All Americans. Project 2061*. New-York : Oxford University Press.
- BACH J.-F. (2004). *Groupe de relecture des programmes du collège. Pôle des sciences*. Ministère de la Jeunesse, de l'Éducation Nationale et de la Recherche.
- BLANDIN M.-C & RENAR Y. (2003). *Rapport d'information de la mission d'information chargée d'étudier la diffusion de la culture scientifique*. Commission des Affaires Culturelles. *Rapport n° 392*, Sénat.
- EURYDICE (2006). *L'enseignement des sciences dans les établissements scolaires en Europe. États des lieux des politiques et de la recherche*. Direction générale de l'Éducation et de la Culture. Commission Européenne.
- HAUT CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE (2007). *Avis sur la désaffection des jeunes pour les études scientifiques supérieures*.
- HIGH LEVEL GROUP on Increasing human resources for science and technology in Europe. (2004). *Europe needs more scientists*. Bruxelles.
- HIGH LEVEL GROUP on Science Education. (2007). *Science Education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Commission Européenne. Direction de la Recherche.
- INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2001). *L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire*. Groupe de l'enseignement primaire – ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la technologie.

INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE – Groupe des sciences physiques et chimiques, fondamentales et appliquées. (2006). *L'enseignement de la physique et de la chimie au collège. Rapport n° 2006-091*. ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ÉDUCATION NATIONALE – Groupe des sciences de la vie et de la Terre. (2007). *Mettre les élèves en activité au collège pour les former, les évaluer, les orienter*. Rapport n° 2007 – 031. Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2006). Socle commun de connaissances et de compétences. Décret 2006-830 du 11 juillet 2006.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2008). Horaires et programmes de l'école primaire. Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale hors-série n° 3 du 19 juin 2008.

FRANCE : MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE (2008). Programmes des enseignements de mathématiques, de physique-chimie, de sciences de la vie et de la Terre, de technologie pour les classes de sixième, de cinquième, de quatrième et de troisième du collège. *Bulletin officiel de l'Éducation nationale*, spécial n° 6 du 28 août 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1996). *National Science Education Standards*. Washington : National Academy Press.

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (2006a). *Évolution de l'intérêt des jeunes pour les études scientifiques et technologiques*. Rapport d'orientation. Coopération scientifique internationale (Forum mondial de la science). Disponible sur Internet : <http://www.oecd.org/dataoecd/60/24/37038273.pdf> (consulté le 25 février 2007).

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE (2006b). *Compétences en sciences, lecture et mathématiques. Le cadre d'évaluation de PISA 2006*. Disponible sur Internet : <http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/60/59/38378898.pdf> (consulté le 25 février 2008).

ROLLAND J.-M. (2006). *L'enseignement des disciplines scientifiques dans le primaire et le secondaire*. Commission des affaires culturelles, familiales et sociales. Assemblée Nationale.

WORKING GROUP « Increasing participation in Maths, Sciences and Technology » (2003). *Progress report*. Novembre 2003. European Commission. Directorate-General for Education and Culture.

WORKING GROUP « Increasing participation in Maths, Sciences and Technology » (2004). *Progress report*. Décembre 2004. European Commission. Directorate-General for Education and Culture.