

Enseignement intégré de science et technologie, quels enjeux ?

ALICE DELSERIEYS-PEDREGOSA, JEAN MARIE BOILEVIN,
PASCALE BRANDT-POMARES, DAMIEN GIVRY, PERRINE MARTIN

IUFM Aix-Marseille
UMR ADEF – Université de Provence
France

a.pedregosa@aix-mrs.iufm.fr

jm.boilevin@aix-mrs.iufm.fr

p.brandt@aix-mrs.iufm.fr

d.givry@aix-mrs.iufm.fr

p.martin2@aix-mrs.iufm.fr

RÉSUMÉ

Dans de nombreux pays, des orientations sont prises pour rénover l'enseignement des sciences et technologies dans l'enseignement secondaire. Visant une plus grande cohérence des enseignements, la place et la définition des disciplines scolaires correspondantes tendent à être remises en cause. En France, une expérimentation d'enseignement intégré de science et technologie est menée depuis quatre ans. Une première analyse de cette expérimentation et de son appropriation par les enseignants participants a été faite à partir de la définition de différentes stratégies de décompartmentation disciplinaire. Quatre dimensions de l'intégration disciplinaire dans l'enseignement ont été explicitées pour cadrer la réflexion. L'analyse de posters réalisés par les enseignants montre une vision partielle de l'intégration et une place prépondérante pour les savoirs notionnels.

MOT-CLÉS

Science, technologie, curriculum, interdisciplinarité, enseignement intégré

ABSTRACT

Many countries are engaged in renovating science and technology teaching in

secondary schools. In order to give more coherence to the content taught, the place and definition of the school subjects involved tend to be reexamined. In France, an integrated science and technology teaching program is being tested since 2006. A first analysis of the program and the way participating teachers view it has been done from the definition of several strategies to bring disciplines together. Four dimensions of school disciplinary integration have been identified to structure our reflexion. The analysis of posters produced by the teachers reveals an incomplete vision of integration and a dominant place given to notional knowledge.

KEY WORDS

Science, technology, curriculum, interdisciplinarity, integrated teaching

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, la question de la rénovation de l'éducation scientifique et technologique se pose dans de nombreux pays. Désaffection des jeunes pour les études scientifiques, crise de l'éducation scientifique, de nombreux travaux soulignent les préoccupations communes aux pays développés (Rocard et al., 2007 ; Schleicher et al., 2007 ; Osborne & Dillon, 2008). Si les causes de cette désaffection sont multifactorielles (Boilevin & Ravanis, 2007), nous nous intéresserons ici aux causes qui peuvent être liées à l'enseignement. Du côté des institutions, les approches interdisciplinaires sont avancées comme porteuses de réponses face à cette crise de l'éducation scientifique et technologique (Gauthier, 2006; Geraedts et al., 2006). Plutôt qu'un traditionnel enseignement disciplinaire très spécialisé voulant former à tout prix de futurs scientifiques, une *alphabétisation scientifique et technologique* est souhaitée pour viser une formation générale de base afin que le citoyen de demain ait une meilleure compréhension du monde qui l'entoure. Cette manière de penser l'enseignement impose d'une part que les disciplines scolaires sortent du cloisonnement qui les caractérisent souvent, d'autre part, qu'elles permettent à l'élève de faire le lien avec la société dans laquelle il évolue. Cette idée de vouloir relier l'enseignement des sciences au quotidien des élèves ne date pas d'hier (Saltiel, 2001) ; elle prend des formes bien différentes selon les pays (Lenoir, 2001) et s'accompagne d'une remise en cause profonde de la place et du statut des disciplines scolaires (Dupin, 2007; Lebeaume & Hasni, 2008).

Dans le prolongement de la réflexion engagée par Dupin, sur le développement de nouveaux curricula (Dupin, 2007) et les implications pour la recherche en didactique, cet article vise à dégager les enjeux didactiques de tels bouleversements curriculaires sur les processus d'enseignement apprentissage à l'œuvre dans les classes. Nous nous

appuyons en particulier sur l'analyse de textes institutionnels et d'une expérimentation d'enseignement intégré de science et technologie développée en France depuis 2006. Au préalable, les notions éminemment polysémiques telles l'interdisciplinarité, la transdisciplinarité ou l'intégration sont explicitées. Dans le contexte éducatif, elles permettent de penser l'enseignement au-delà du cadre strictement disciplinaire.

1. Distinctions et rapprochements disciplinaires

1.1. Une discipline, quels fondements?

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il convient de préciser ce que l'on entend par discipline. Une nouvelle discipline, lorsqu'elle se crée, cherche à répondre à un problème à partir d'un modèle particulier (Fourez et al., 1997). Une discipline est donc fondée autour d'une branche de connaissance qui s'occupe d'un objet d'étude plus ou moins bien découpé : la vie, la terre, vaguement découpées; ou les composés d'azote, d'oxygène, d'hydrogène, et de carbone, pour la chimie organique (exactement découpés). Elle se caractérise par de nombreux implicites acceptés par une communauté collective, politique et juridique, par des maîtres qui se regroupent autour d'un enseignement (Serres, 1989). Une discipline scolaire se construit à partir d'éléments qui lui sont spécifiques : objets d'enseignement, tâches constituant les activités des élèves, connaissances et compétences (Develay, 2006). Dans cette vision opérationnelle, la discipline est aussi ce qui permet de discipliner l'esprit de l'élève.

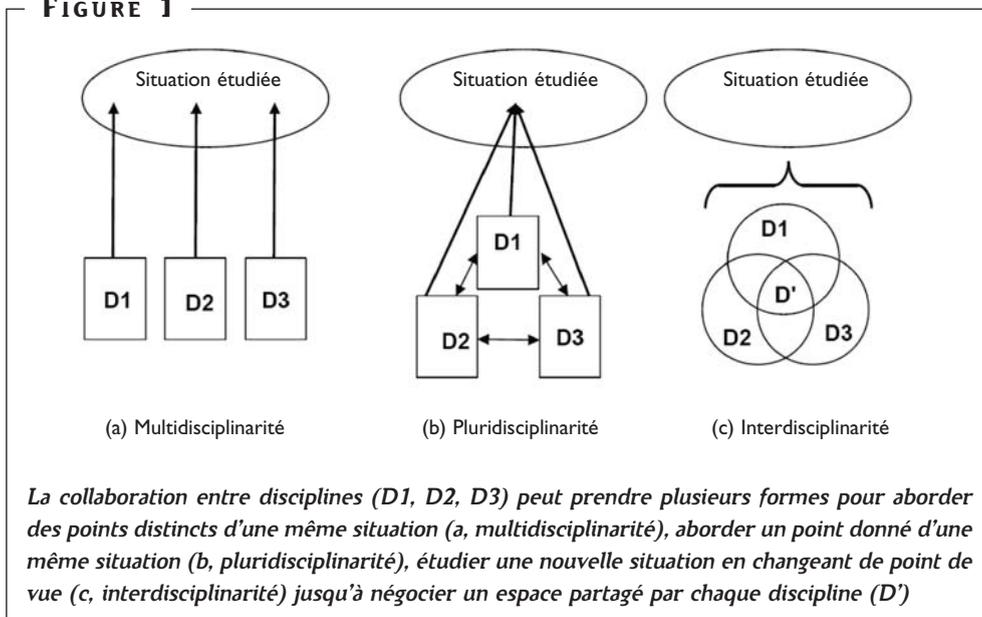
À l'école primaire, la question des disciplines n'a pas d'existence corporatiste. Les enseignants sont généralement polyvalents. Ils enseignent plusieurs disciplines sans nécessairement chercher à faire de lien entre celles-ci, mais invoquent facilement des savoirs divers pour un même objet d'étude. Le passage à l'enseignement secondaire s'accompagne de l'introduction d'une multitude de disciplines scolaires, chacune enseignée par un spécialiste disciplinaire. Il est intéressant de souligner le paradoxe soulevé par la monovalence revendiquée des enseignants du second degré. En France, par exemple, chaque corps disciplinaire se distingue par un concours, un corps d'inspection, une formation qui lui est propre. Pourtant aucune discipline de l'enseignement secondaire n'est spécialisée dans l'étude d'un seul objet et s'intéresse à divers objets d'étude. La subjectivité des disciplines scolaires est particulièrement illustrée par la place relative des frontières d'une discipline scolaire d'un pays à l'autre. Certains curriculums séparent physique, chimie et biologie en trois disciplines (Royaume Uni, Danemark, Finlande), d'autres rassemblent physique et chimie dans la discipline « sciences physiques » (Pays Bas, Espagne, France). En Italie, la technologie fait partie de l'enseignement unique de science alors que, pour cet enseignement, les anglais identifient deux disciplines « design et technologie » et « technologie de l'information et de la communication » (Eurybase, 2009). De plus, la place de certains

objets d'étude ne semble pas claire. En France, l'astronomie a successivement été enseignée en mathématiques, en physique et en sciences de la vie et de la Terre (Coquidé, 2008).

1.2. Au delà de la discipline

Multi-, pluri-, inter-, trans- disciplinarité, malgré leur multiplicité, ces différents termes ne parviennent pas à illustrer de manière évidente la nature et la profondeur des interactions possibles entre les savoirs disciplinaires. Ces notions ont confusément émergé dans la communauté scientifique et universitaire, au cours des années 1960 (Delattre, 1984), engageant une réflexion sur les différents modes de découpage des savoirs. Elles traduisent à la fois un besoin pratique et une aspiration vers l'idéal philosophique de l'unité de la connaissance, mais restent souvent confuses et mal définies, car ce ne sont pas des notions standardisées. Pour éclairer les propos qui suivront, nous identifions ici quelques pratiques de décompartmentation des disciplines, et les termes que nous leur associons (Figure 1).

FIGURE 1



La multidisciplinarité se limite à une juxtaposition d'approches disciplinaires, tels des enseignements exploitant chacun un aspect d'une même sortie scolaire avec leurs élèves, sans chercher à faire de liens avec d'autres aspects (Fig. 1a) (Fourez et al., 1997).

La pluridisciplinarité cherche à aller au delà. Elle désigne l'association de disciplines qui concourent à une réalisation commune, sans que chacune ait à modifier son approche et ses méthodes (Fig. 1b). Chaque spécialiste expose sa propre vision d'une situation donnée.

Dans l'interdisciplinarité se manifeste la nécessité d'établir une coopération entre des disciplines autonomes en vue d'élargir la compréhension d'un domaine particulier ou d'atteindre un objectif commun. L'interdisciplinarité cherche à élaborer un formalisme à la fois général et précis pour exprimer dans un langage unique les concepts, préoccupations, contributions de disciplines qui, autrement restent cloisonnées dans leur jargon respectif. Ce langage commun vise à faciliter les échanges entre domaines de connaissance éloignés. Une approche interdisciplinaire est souvent associée à un progrès, qu'il soit d'ordre scientifique et technique (Piaget, 1972; Delattre, 1984), ou d'ordre social, par exemple, comme moyen pédagogique de démocratiser l'école (Beane & Bernstein cités dans Hasni, 2006).

Le concept de transdisciplinarité, quant à lui, a été introduit par Piaget dans une perspective épistémologique. De l'échec du réductionnisme, il aspire à des « solutions de dépassement ». Ainsi, « à l'étape des relations interdisciplinaires, on peut espérer voir succéder une étape supérieure, qui serait transdisciplinaire, qui ne se contenterait pas d'atteindre des interactions ou réciprocitys entre recherches spécialisées, mais situerait ces liaisons à l'intérieur d'un système total sans frontières stables entre les disciplines » (Piaget, 1972, p. 170). La transdisciplinarité reconnaît la cohérence de l'ensemble des niveaux de réalité, mais elle n'oublie pas qu'il est impossible de les observer tous en même temps, que la question de la transition d'un niveau à l'autre reste ouverte, ainsi que celle de l'articulation entre les niveaux d'organisation (Bourguignon, 1997). C'est un concept qui n'existe que grâce aux disciplines et concerne, selon Nicolescu, « comme le préfixe « trans » l'indique, ce qui est à la fois entre les disciplines, à travers les différentes disciplines et au delà de toute discipline. Sa finalité est la compréhension du monde présent, dont un des impératifs est l'unité de la connaissance » (Nicolescu, 1996, p. 66).

1.3. Un enseignement intégré : quatre dimensions

Pour définir l'enseignement intégré, nous discuterons quatre dimensions, adaptées de Hasni, Lenoir et al. (2008), et qui nous semblent pertinentes pour l'analyse des orientations prises en France ces dernières années.

► *Dimension conceptuelle*

Selon Roegiers (2000), trois composantes se rapportent à l'intégration. La première relève de l'*interdépendance* des éléments que l'on souhaite intégrer, la

seconde envisage l'action *coordonnée* de ces éléments, cette action devant être *polarisée* dans une même direction. Il définit donc l'enseignement intégré comme « une opération par laquelle on rend interdépendant différents éléments qui étaient dissociés au départ en vue de les faire fonctionner d'une manière articulée avec un but donné » (Roegiers, 2001, p. 22). En se plaçant strictement dans le cadre scolaire, cette définition peut être rapprochée de l'interdisciplinarité scolaire telle que la caractérise par Lenoir (2008) : « Il s'agit de la mise en relation (recours à des modalités) de deux ou plusieurs matières scolaires qui s'exercent à la fois aux plans curriculaire, didactique et pédagogique et qui conduit à l'établissement de liens de complémentarité ou de coopération, d'interpénétration ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects (objets d'études, concepts et notions, démarches d'apprentissage, habiletés techniques, etc.), en vue de favoriser (les finalités) l'intégration des apprentissages et des savoirs chez les élèves » (p. 26).

L'enseignement intégré est fortement lié aux formes de dépassement disciplinaire énoncées précédemment, qu'il s'agisse de pluri-, d'inter- ou de trans- disciplinarité. Si ces derniers touchent aux moyens (centration sur l'objet, modèle d'enseignement apprentissage), l'intégration relève de l'action, se réfère aux conditions de mise en œuvre et aux finalités. Le terme est couramment utilisé outre-Atlantique lorsqu'il s'agit de traduire des liens entre disciplines dans une réorganisation curriculaire (Lenoir, 2008). Il traduit aussi la volonté de l'intégration des acquis par les élèves (Roegiers, 2001), que Lenoir qualifie « d'intégration interne » (2008, p. 28). En ce sens, l'intégration est plus qu'un produit issu des programmes ou manuels scolaires; c'est un « processus qui se situe au cœur des démarches d'enseignement et d'apprentissage » (Hasni et al., 2008, p. 79).

► *Finalités éducatives : intégration des contextes*

Comme le relèvent Hasni, Lenoir et al. (2008), le recours à l'interdisciplinarité est souvent préconisé par des institutions officielles et des écrits scientifiques dans le but de tenir compte des fondements de l'apprentissage, ainsi que la place des savoirs d'un point de vue épistémologique et sociologique.

Par exemple, dans une vision relevant de la psychologie cognitive, les contextes interdisciplinaires sont avancés comme favorisant les apprentissages et s'intégrant mieux dans une vision holistique de la personne et du savoir (Tardif, 1995). Dans la même perspective, Fourez (1998) observe que le recours aux disciplines a permis de structurer l'enseignement, mais s'est aussi accompagné d'une perte de sens pour l'élève. En orientant le questionnement des élèves vers des objets relatifs à des situations de vie réelle, un curriculum intégré devrait permettre de relier et contextualiser les apprentissages pour les rendre plus signifiants dans la réalité des élèves. Un tel curriculum serait en mesure d'articuler les apprentissages autour

d'objets ou phénomènes, plutôt qu'autour des disciplines en tant que telles. L'enseignant usant de cette stratégie aiderait l'élève à tisser des liens entre ce qu'il apprend et différentes situations de vie réelle tirées de son quotidien (Bruce Cassie & Haché, 1998).

Ce deuxième point met en exergue plusieurs tensions relevant des finalités de l'enseignement scientifique et technologique. S'agit-il d'une *alphabétisation scientifique et technique* telle que l'entend Fourez (1994) et aspirant à la formation de citoyens, ou d'un point de vue de spécialiste visant à préparer à des études universitaires ? Dans le deuxième cas, « la technicité d'une discipline est une fin en soi », on parle d'éducation *pour* la science. Dans le premier, il s'agit d'« un moyen », ou éducation *par* la science (Fourez, 2002, p. 111). C'est l'enjeu de toutes les « éducation à... » (Brandt-Pomares, 2008). Cette tendance s'approche des orientations anglo-saxonnes de « scientific literacy » dans laquelle l'évolution de la recherche est mise en relation plus directe avec celle de l'enseignement des sciences et de la technologie (Hurd, 1998). Cette approche insiste sur l'acquisition de capacités dépassant le champ d'une discipline (se documenter, communiquer...) prenant ainsi un caractère transdisciplinaire.

► *Dimension opérationnelle : intégration des disciplines*

Tout d'abord, les rapprochements disciplinaires sont envisageables si les disciplines elles-mêmes permettent ces rapprochements. Develay propose cinq manières de concevoir une discipline, dont une seule permettant d'envisager « une réelle intrication des disciplines » (Develay, 2006, p. 52). Du « chaînage notionnel », relevant d'une succession de notions hiérarchisées, en relation linéaire et chronologique avec les autres, on passe à un « double chaînage parallèle » dans lequel s'ajoute un ensemble de méthodes plus ou moins hiérarchisées (c'est, par exemple, la progression en parallèle de cours/travaux pratiques récurrente dans l'enseignement des sciences physiques). Une discipline peut aussi être conçue comme « un ensemble de notions en réseaux » dans lequel plusieurs parcours peuvent être envisagés pour aborder une notion. Un « double réseau, notionnel et méthodologique » amène l'enseignant à s'interroger sur la notion de tâche disciplinaire au service de l'acquisition de savoirs notionnels et procéduraux. Ainsi la décompartmentation peut se concevoir lorsque ce double réseau est mis en perspective avec ceux d'autres disciplines pour dégager les compétences communes, traversant les notions et les méthodes propres à une discipline.

À partir de ce schéma d'une discipline scolaire, il existe différents modèles d'intégration curriculaire. Nous retiendrons que l'*interdisciplinarité* consiste à assurer une *intégration* entre des stratégies d'apprentissage d'une discipline, des supports de connaissance, des démarches, des contenus, des attitudes et

perception des disciplines, et des stratégies d'enseignement (Berlin & White, 1994). Elle doit s'inscrire dans un projet finalisé (Fourez, 1994).

Par ailleurs, l'intégration peut se situer à différents niveaux, comme le suggère Geraedts et al. (2006). Il y a d'abord le niveau de la classe, des élèves. Certains aspects de l'intégration se retrouvent aussi au niveau de l'équipe pédagogique de l'établissement scolaire, des programmes et instruction officielles, ou à un niveau encore supérieur lorsque les enjeux curriculaires dépassent le cadre national d'un pays.

► *Dimension organisationnelle : intégration inter-enseignants*

Les défis de l'interdisciplinarité scolaire se posent surtout au niveau de l'enseignement secondaire. En effet, la spécialisation disciplinaire et l'importance accordée aux savoirs disciplinaires structurent le corps enseignant du secondaire. Un enseignant est formé pour acquérir un langage, une culture, des méthodes propres à sa discipline. La mise en œuvre d'un curriculum intégré implique souvent la collaboration entre plusieurs enseignants de disciplines différentes et qui ne se comprennent pas toujours. Ainsi, on identifie des obstacles humains, relatifs à une collaboration entre enseignants.

On peut relever tout d'abord des *difficultés internes* à la mise en œuvre d'un enseignement intégré. En effet, les travaux interdisciplinaires nécessitent :

- un esprit de synthèse qui ne s'oppose pas à l'esprit d'analyse, sachant que la synthèse n'est pas l'appréhension indifférenciée des choses, mais « une forme plus haute de l'analyse » qui vient construire quelque chose de sensé à partir de ce que l'effort de connaissance a d'abord disséqué (Bergson, 1913, p. 127) ;
- des connaissances étendues, dans des domaines d'autant plus variés que l'interdisciplinarité recherchée est plus large. Ces connaissances touchent moins aux détails des disciplines qu'à leurs fondements essentiels, qui demeurent souvent implicites, sous entendus, et ne sont pas, par conséquent, directement accessibles (Delattre, 1984).

Ces exigences ne sont pas celles auxquelles on peut satisfaire par l'improvisation ou la bonne volonté. Chaque spécialiste doit accepter « de faire un effort hors de son domaine propre et de son propre langage technique, pour s'aventurer dans un domaine dont il n'est pas le propriétaire exclusif » (Fourez, Maingain & Dufour, 2002, cité dans Hasni 2006, p. 144). L'étendue des connaissances nécessaires exige un travail conséquent pour reconnaître un niveau d'organisation de concepts dépassant celui de leurs disciplines respectives (Lang & Olson, 2000). Les enseignants sont peu préparés à ce type de tâches.

Il existe aussi des *difficultés externes*. En effet, l'isolement quotidien des enseignants, tempéré par des contacts épisodiques est le plus souvent la règle dans

les établissements scolaires. Le travail de l'enseignant se structure à l'intérieur d'une unité fondamentale constituée par la classe et ses élèves (Baillat & Niclot, 2003). L'opposition des spécialistes contre l'interdisciplinarité résulte trop souvent de considérations sommaires et dogmatiques, qui n'a plus rien à voir avec la discipline mais relève plutôt d'une forme de corporatisme disciplinaire, de rejet de ce qui est nouveau, de résistance au changement. À cela, s'ajoute les difficultés inhérentes à tout travail en équipe, à la disponibilité et la volonté de s'associer avec d'autres, accepter un éventuel leader, dégager le temps nécessaire à une concertation, gérer les affinités plus ou moins marquées entre individus, etc.

Au delà de ces deux types de difficultés, interne et externe, certaines dérives de l'intégration curriculaire peuvent *court-circuiter* toute tentative d'interdisciplinarité au sein d'un établissement. D'une part, il peut s'agir de l'absence de reconnaissance ou d'accompagnement de l'institution pour aménager le travail collaboratif des enseignants. D'autre part, les intentions vers le développement d'un curriculum intégré peuvent sembler floues ou cacher des intentions d'annihiler certaines spécificités d'une discipline. Dans ce cadre, l'interdisciplinarité reposerait sur la capacité des équipes à s'appropriier le concept d'intégration et à développer des solutions pour « faire face aux contraintes et obstacles organisationnels » (Hasni, et al., 2008, p. 86)

2. Enseignement intégré : le cas de la France

Divers pays pratiquent un enseignement intégré dans le second degré: Italie, Norvège, Luxembourg, mais aussi Royaume Uni, Québec où les curricula de science et technologie convergent par leurs approches et la place accordée à l'éducation à l'environnement. En Suède, Espagne, Slovénie, Hongrie, Lituanie, coexistent enseignement intégré et enseignement disciplinaire. Aux Pays-Bas, si chaque école est libre de son choix, une approche intégrée est encouragée. Les objectifs d'enseignement, en application depuis 2006, sont formulés autour de «l'homme et la nature» qui remplace les intitulés précédents : biologie, physique et chimie.

À la lumière des relations qui peuvent être envisagées entre les disciplines, et des difficultés rencontrées pour dépasser le cadre d'une discipline, nous étudierons le cas français à partir des instructions officielles du ministère de l'éducation nationale, et de leur évolution récente. Puis nous analyserons les traces de leur mise en œuvre lors d'une expérimentation d'enseignement intégré de science et technologie.

De nombreuses tentatives ont émergé en France pour décompartmenter l'enseignement secondaire. Elles suivent en particulier un ensemble de recommandations (Bach & Sarmant, 2004; Thélot, 2004) qui mettent l'accent sur la nécessité d'associer fortement les disciplines scientifiques et la technologie au collège

et préconisent un changement profond des programmes comme des modalités d'enseignement. Nous nous intéresserons ici au cas du secondaire inférieur (collège), car il correspond à l'introduction du découpage disciplinaire marqué par la multiplicité des enseignants.

2.1. Contexte institutionnel

Comment sont définies les disciplines dans les curricula français? Nous nous appuierons sur l'analyse de deux textes: les programmes disciplinaires (M.E.N., 2008) et le Socle Commun des Connaissances et des Compétences (Socle) fixant, depuis 2006, les repères culturels et civiques qui constituent le contenu de l'enseignement obligatoire (M.E.N., 2006).

Le Socle est là pour « construire les ponts indispensables entre les disciplines et les programmes » (M.E.N., 2006, p. 3). On retrouve ici une aspiration transdisciplinaire. Aucun découpage disciplinaire n'est explicite et il s'organise en compétences, dont l'une concerne les principaux éléments de mathématiques et culture scientifique et technologique. Le Socle cherche à mettre en évidence la complémentarité des disciplines dans leurs visées éducatives. Par exemple, « chaque compétence requiert la contribution de plusieurs disciplines et une discipline contribue à l'acquisition de plusieurs compétences » (Ibid, p. 4). S'agissant plus particulièrement des sciences et de la technologie, la dimension des finalités éducatives a des visées holistique et pragmatique relevant de l'*alphabétisation scientifique* : « donner aux élèves la culture scientifique nécessaire à une représentation cohérente du monde et à la compréhension de leur environnement quotidien » (Ibid, p. 10). Ce texte n'est pas anodin. En amont des programmes, le Socle n'a pas été seulement défini par des experts, il est entré dans la société civile donnant lieu à des débats parlementaires par l'intermédiaire de la loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'École (Loi n°2005-380 du 23 avril 2005) (Raulin, 2006).

Dans cette optique, une introduction commune aux disciplines scientifiques et technologie a été introduite en vue d'harmoniser les attentes du Socle et celles des programmes disciplinaires (M.E.N., 2008). Cette introduction conduit à un glissement progressif vers une dissociation disciplinaire. Une première partie relève de la dimension culturelle de l'alphabétisation scientifique et technologique en dressant un tableau de la nature, des objectifs et des limites de la science et technologie associés à quelques grandes idées scientifiques (« lois universelles et concepts unificateurs », Ibid. p. 1). On retrouve les éléments que Jenkins identifie pour définir une « scientific literacy » (cité par Millar, 2006).

Une deuxième partie faisant le lien avec le Socle s'en distingue par la place accordée aux mathématiques définie comme une « discipline intellectuelle autonome possédant

une identité » (Ibid. p. 2). Loin d'être incompatible avec des pratiques interdisciplinaires, la présentation de la place et de la raison d'être des mathématiques, souligne leur spécificité et complémentarité, et relèverait même des « *conditions à respecter* » selon Lenoir (2008, p. 24). Contrairement au cas des mathématiques, les caractéristiques propres à chaque discipline scientifique et à la technologie et leur interdépendance ne sont aucunement explicitées. Tout au plus, leur proximité est affirmée (« technique et sciences progressent de concert » p. 2).

La démarche d'investigation est ensuite préconisée dans la continuité de l'école primaire. Cette démarche permet d'envisager une « transversalité comportementale » telle que définie par Develay (2006, p. 56), c'est à dire s'intéressant aux connaissances procédurales et aux attitudes communes aux différentes disciplines. S'il est précisé à plusieurs reprises dans le texte que cette démarche n'est ni unique, ni figée, un canevas très linéaire des différentes étapes est mis en évidence. On peut donc craindre, comme l'évoque Lebeaume (2008), que ce canevas ne s'apparente à un modèle stéréotypé prenant une forme « abrégée et dogmatique » (Ibid, p. 42). À nouveau, les spécificités des démarches propres aux mathématiques sont précisées alors que la démarche est présentée comme uniforme pour les autres disciplines scientifiques.

Enfin, des thèmes de convergence, introduits en fin d'introduction commune, font clairement apparaître les disciplines. « Pour chaque enseignant disciplinaire, il s'agit de contribuer, de façon coordonnée, à l'appropriation par les élèves de savoirs relatifs à ces différents thèmes, éléments d'une culture partagée » (Ibid, p. 5). Ces thèmes doivent conduire à un travail en équipe restant ancré dans des pratiques disciplinaires et amenant, tout au plus, un travail pluridisciplinaire. Pour chaque thème, les contenus à aborder sont identifiés et classés par discipline. Ainsi, les enseignants sont encouragés à traiter séparément les contenus cognitifs de leur discipline sur la base d'une même thématique. Lenoir (2008) relève la dérive des approches thématiques qui constituent certes un cadre favorisant, mais ne garantissent en rien une réelle réflexion interdisciplinaire. Un tel enseignement a de grande chance de rester résolument cloisonné. L'objectif affiché est pourtant de « faire prendre conscience de ce que la science est plus qu'une simple juxtaposition de ses disciplines constitutives et donne accès à une compréhension globale d'un monde complexe » (Ibid, p. 5). On retrouve ici une aspiration holistique ambitieuse. Pourtant, les difficultés de coopérations entre enseignants, dans des situations comparables, ont déjà été soulignées. Lebeaume (2008) parle de « frontières de verre » pour désigner les barrières que les enseignants s'imposent pour ne pas empiéter sur le terrain d'autres disciplines.

À la suite de cette introduction, chaque enseignant retrouve un programme propre à sa discipline. Dans le cas de la physique-chimie et des sciences de la vie et de la Terre, les programmes disciplinaires n'ont guère évolué depuis l'introduction du Socle. Ils s'apparentent à un chaînage notionnel hiérarchisé (Develay, 2006) ponctué

d'injonctions visant une décompartmentation de leur discipline. Le cas de la technologie est différent car le programme a récemment fait l'objet d'un changement en profondeur. Il se structure en séries de concepts intégrateurs propres à la technologie (analyse du fonctionnement d'un objet technique, matériaux utilisés, énergie...) que les enseignants sont amenés à aborder dans le cadre de l'étude d'un domaine d'application. On pourrait donc imaginer que ce programme outillerait davantage les enseignants de technologie pour s'engager dans des pratiques interdisciplinaires.

Nous retiendrons ici que les instructions officielles françaises encouragent explicitement une décompartmentation disciplinaire dans le domaine des sciences et de la technologie. Cependant, la nature des interactions entre disciplines reste implicite quelle que soit la dimension envisagée. On oscille entre trans-inter-pluri disciplinarité. Si la démarche d'investigation pourrait rendre *opérationnelle* des approches interdisciplinaires, la structure des programmes disciplinaires en chaînes notionnelles constitue un obstacle. De plus, aucun aménagement n'est envisagé pour favoriser l'*organisation* de coopérations entre enseignants disciplinaires. Seule la dimension des *finalités éducatives* est plus clairement affichée, pour aller vers la construction d'une culture scientifique pour tous.

2.2. Un enseignement intégré de science et technologie expérimenté depuis quatre ans

Dans ce contexte institutionnel, une expérimentation d'enseignement intégré de science et technologie (EIST) est menée dans une quarantaine de collèges en France depuis 2006, sous l'impulsion de l'Académie des sciences et de l'Académie des technologies. Elle consiste à proposer aux élèves un enseignement unique de science et technologie en classe de 6e et de 5e (deux premières années après l'école primaire, élèves de 11-13 ans). Pour le mettre en place, une équipe de trois enseignants se constitue au sein d'un collège. Cette équipe comporte un enseignant de science de la vie et de la Terre, un enseignant de technologie et un enseignant de physique-chimie, qui collaborent étroitement pour construire des séquences d'enseignement intégré. Pour cela, ils disposent d'une heure de concertation commune dans leur emploi du temps. Trois groupes d'élèves sont constitués à partir de deux classes. Chaque enseignant prend en charge un seul groupe des mêmes élèves, toute l'année, pour couvrir les trois programmes disciplinaires durant une large plage horaire.

Quel modèle d'intégration dans l'EIST ?

On relève tout d'abord le souci de réduire les obstacles *organisationnels* de cette expérimentation. Les enseignants disposent de temps de concertation, d'un groupe réduit d'élèves (18 en moyenne), de plus de temps avec les mêmes élèves... (Léna et

al., 2010). La dimension des *finalités éducatives* est elle aussi affichée, car l'EIST s'inscrit dans la continuité de l'opération La main à la pâte à l'école primaire. Les académiciens l'expriment ainsi: « Nous souhaitons que tous les enfants (...) acquièrent le goût et une juste vision de la science comme de la technologie » (1^{ère} phrase du Guide de découverte de l'EIST, Léna et al., 2010). L'expérimentation EIST cherche à la fois à faciliter la mise en œuvre des programmes disciplinaires et celle du Socle. Nous avons soulevé précédemment la complexité d'un tel exercice. Pour éviter l'éparpillement des équipes d'enseignants expérimentateurs, et leur faciliter la tâche, des progressions détaillées et des activités sont proposées par l'Académie des sciences (Documents d'accompagnement EIST, 2007). La dimension *opérationnelle* est considérée car des concepts communs aux différentes disciplines ont été identifiés initialement. L'eau, l'alimentation, la matière et les matériaux ont été relevés pour converger vers le concept « De quoi est fait le monde? » en classe de 6^e (Léna et al., 2010). Ainsi, au début de l'EIST, Léna précisait « la formulation ne dit pas ce que la physique, la chimie, la géologie, la biologie, la technologie auront à enseigner : le déterminer reste à faire. Mais elle vise à ce que tous ces savoirs parcellaires, avec leurs méthodes propres, deviennent mobilisables ensemble afin de comprendre. Comprendre l'enjeu du changement climatique, comprendre les nouveaux pouvoirs des nano-technologies, comprendre la société de l'information et y trouver sa place » (Léna, 2006, p. 8). Depuis, les formulations ont été explicitées et se rapprochent fortement de celles que l'on trouve dans le Socle à travers, par exemple, l'approche de la complexité, ou le lien avec l'environnement quotidien de l'élève. « Nos sens nous permettent de percevoir différents aspects du monde complexe dans lequel nous vivons. L'observation d'objets et de phénomènes révèle des différences et des points communs » (Document d'accompagnement EIST, 2007, p. 5).

Enfin, dans une dimension *conceptuelle*, l'EIST affiche une quête d'unité de savoirs, jusqu'à utiliser « science » au singulier dans l'acronyme EIST. Cependant, les disciplines ne sont pas niées. On cherche à mettre en évidence leur potentiel en terme d'ouverture (« au cours de cette séquence, on montrera que les catégories ne sont pas cloisonnées », *Ibid*, p. 13), en terme de complémentarité (« Quatre catégories de situations inspirées de la vie quotidienne sont proposées, dans lesquelles l'homme utilise la matière à son profit. Chacune d'elle associe de manière privilégiée technologie, sciences de la vie et de la Terre, physique et chimie » *Ibid*, p. 51) et la recherche de cohérence est omniprésente (« mise en relation de différents changements » *Ibid*, p. 35).

Les changements induits par l'EIST sont donc accompagnés par des préconisations qui ne laissent pas les enseignants seuls face à la difficulté de concevoir leur enseignement collectivement.

L'intégration vue par les enseignants expérimentateurs

Si l'intégration, telle qu'elle est présentée par les porteurs de l'EIST, dépasse le cadre strictement disciplinaire en prenant en compte les dimensions présentées en première, qu'en est-t-il pour les enseignants? Lors de séminaires annuels regroupant les acteurs de l'EIST, les enseignants ont été amenés à présenter leur travail sous forme de posters¹. Un canevas leur était proposé et comprenait en particulier une rubrique « Progression annuelle » et « Bilan et perspectives ». Ces posters, élaborés par les équipes d'enseignants nous semblent des traces partielles, mais tout de même révélatrices de leur appropriation de l'expérimentation EIST. Nous avons réalisé une analyse lexicale de l'échantillon de posters présenté dans le tableau. Nous relèverons deux aspects de cette analyse concernant d'une part les conceptions de l'intégration à travers les expressions choisies par les enseignants pour faire référence à l'intégration disciplinaire, et d'autre part, leur gestion de la dimension opérationnelle par le choix de progression annuelle.

TABLEAU

Échantillon analysé en fonction du nombre total de collèges participant à l'EIST. Les posters de 6e ne présentant pas la progression annuelle (1 en 2008 et 3 en 2009) n'ont pas été analysés. 8 équipes ont préparé deux posters (1 en 2008 et 1 en 2009), les 29 posters analysés représentent le travail de 21 équipes. Chaque équipe est dans un collège différent.

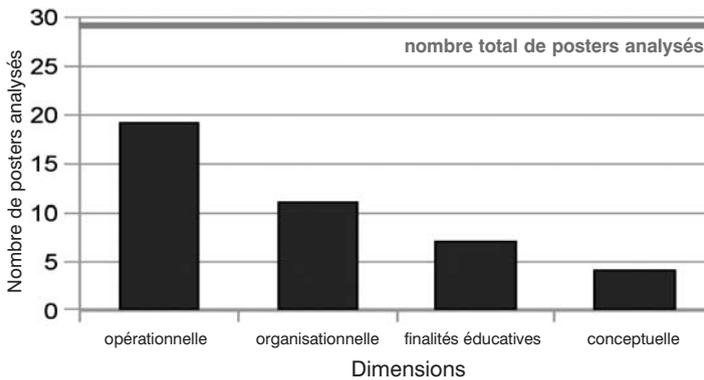
Année d'expérimentation	2008 – 2ème année	2009 – 3ème année	TOTAL
Nombre de collèges EIST	24	39	
Nombre total de posters de 6e	14	19	33 posters
Nombre de posters de 6e analysés	13	16	29 posters

► *Quelles dimensions prend l'intégration pour les enseignants EIST ?*

Les posters témoignent du travail mené par les équipes EIST pour trouver une relation harmonieuse entre les trois disciplines. On trouve un foisonnement d'expressions se référant à l'une ou l'autre des dimensions qui dépasse le cadre stricte d'une discipline. C'est la dimension *opérationnelle* qui préoccupe le plus les enseignants (figure 2). Elle se manifeste dans les deux tiers des posters par une réflexion par rapport aux savoirs notionnels des trois programmes. Intégrer, mélanger, croiser, lier, restructurer, cohérence, sont autant de termes utilisés pour désigner la progression choisie. Entre le guide d'accompagnement de l'EIST, le Socle, et les programmes disciplinaires, l'influence de ces derniers prédomine, et plus particulièrement les connaissances scientifiques. Si la démarche d'investigation est souvent mentionnée, elle apparaît comme uniforme. Seuls trois posters

évoquent un travail d'harmonisation des pratiques d'enseignement. La dimension *opérationnelle* arrive ensuite (figure 2). Elle s'exprime surtout par l'opportunité que donne l'EIST pour un réel travail en équipe. La dimension de la *finalité éducative* apparaît dans moins d'un quart des posters. Ainsi, les liens entre disciplines permettent de « donner du sens », de « motiver les élèves », ou de « leur faire acquérir d'autres compétences ». La dimension *conceptuelle* est peu présente. Certains enseignants utilisent indistinctement les termes de pluridisciplinaire, interdisciplinaire ou transdisciplinaire, et le sens mis derrière ces termes n'est pas clair. Par exemple, la transdisciplinarité est associée à la réalité d'un travail en équipe.

FIGURE 2



Nombre de posters faisant référence aux dimensions de l'intégration (opérationnelle, organisationnelle, finalités éducatives et conceptuelle), en fonction du nombre total de posters analysés

Nous retiendrons de cette analyse lexicale des posters que les enseignants semblent manifester une vision partielle de l'intégration en se focalisant surtout sur les savoirs notionnels. On note surtout que la dimension *opérationnelle* prend une place majeure, reflétant la difficulté rencontrée par les enseignants pour en gérer les enjeux. Il serait intéressant de repérer si cette tendance évolue. Loin de représenter un obstacle, la dimension *organisationnelle* semble même encourager les enseignants dans leur travail. Ce dernier résultat reflète d'ailleurs les tendances observées dans d'autres projets d'enseignement intégré (Lang & Olson, 2000).

► *Quelle approche des disciplines est envisagée par les enseignants?*

Les progressions annuelles mettent en évidence une articulation plus ou moins

forte avec le guide d'accompagnement EIST. Ainsi, 60% des équipes suivent le guide de près, alors que 40% s'en éloignent très clairement. On distingue deux approches pédagogiques parmi les équipes qui ont construit leur propre progression. La moitié est partie de l'analyse des contenus de chaque discipline pour construire des activités d'enseignement intégré. L'autre moitié utilise des activités contextualisées (sorties, scénarios fictifs, ou historiques) pour donner une cohérence à un ensemble de contenus. On retrouve ici les deux possibilités de rapprochements disciplinaires identifiées par Develay (2006). Dans la première, la réflexion sur les contenus conduit aux activités, alors que dans la seconde, les activités anticipent sur les contenus.

Les progressions s'organisent généralement selon un chaînage notionnel linéaire et chronologique (Develay, 2006), ce que l'on peut attendre de posters témoignant d'une activité passée. 17% des posters (5 posters) se distinguent tout de même en présentant des activités menées en parallèle, ou en dressant une carte conceptuelle de leur progression (2 posters).

L'intégration des trois disciplines d'enseignement est un exercice complexe que les enseignants EIST n'hésitent pas à réaliser, en construisant leur propre progression. Cette expérimentation les encourage à mener une réflexion quant aux limites définissant leur propre discipline et aux ponts pouvant être construits avec d'autres, y compris dans l'environnement de leur établissement scolaire en accordant une place importante à son contexte.

CONCLUSION

À l'étranger, les questions soulevées par la mise en œuvre d'un enseignement intégré ne sont pas nouvelles et ont donc fait l'objet de travaux de recherche, sans pour autant apporter de réponse unanime sur l'efficacité de telles approches dans le cadre scolaire. Le contexte français actuel offre un nouveau terrain expérimental à la communauté des didacticiens français pour aborder en particulier les points suivants qui restent peu explorés :

- ▶ Les stratégies de décompartmentation de disciplines historiquement disjointes ont été brièvement explicitées dans cet article par un classement selon leur degré de rapprochement. Il conviendrait maintenant de poursuivre cette analyse pour regarder les disciplines elles-mêmes, et les mécanismes mis en œuvre lors de rapprochements disciplinaires. Par exemple, dans le cas de l'enseignement secondaire et universitaire des États-Unis, Svetlana propose trois stratégies d'enseignement interdisciplinaire selon les disciplines concernées: « contextualisation, conceptualisation et situation-problème » (2006, traduction libre). Dans le cadre du projet d'enseignement intégré en France, les trois

disciplines scientifiques et technologiques sont concernées par la mise en œuvre d'une démarche d'investigation commune. Les différentes formes que peut prendre cette démarche ont déjà été avancées par Morge et Boilevin (2007) dans le cadre de l'enseignement de la physique-chimie (situation-problème, situation problématique ouverte, séquence PACS (Prévision Argumentation Confrontation Synthèse), situation adidactique, séquence de modélisation, etc.). Dans un contexte d'intégration disciplinaire, les situations et les modèles envisagés doivent certainement être encore différents, et cela de façon implicite pour les enseignants.

- ▶▶ Pour rendre compte de l'efficacité d'un dispositif d'enseignement apprentissage, il convient de mettre en regard l'apprentissage des élèves avec l'activité de l'enseignant. Si l'évaluation effective de l'apprentissage des élèves en fonction d'un type d'enseignement est une tâche complexe pour les chercheurs, elle n'en reste pas moins un enjeu essentiel. En France, Magneron et Lebeaume (2004) ont identifié des changements de posture des élèves lors de précédents projets d'enseignements décloisonnant les disciplines (itinéraires de découvertes : M.E.N 2001). Quelques travaux ont montré les bénéfices que les élèves peuvent tirer d'un enseignement intégré dans d'autres pays et concernant d'autres disciplines que les sciences et la technologie (Ross & Hogaboam-Gray, 1988; Venville et al., 2000). Ces études relèvent les conditions strictes dans lesquelles doit se mettre en place l'enseignement intégré visé. En particulier, il ne faut pas perdre de vue les spécificités qui caractérisent chaque discipline afin de ne pas réduire les contenus enseignés en voulant à tout prix se centrer sur les processus d'interdisciplinarité. Il s'agit de s'assurer que les différentes dimensions *conceptuelle*, des *finalités éducatives*, *organisationnelle*, et *opérationnelle* sont prises en compte et assimilées par les enseignants. Ce point soulève deux questions. La première relève de la formation des enseignants souhaitant démarrer un projet d'enseignement intégré. La seconde relève du travail d'analyse du chercheur pour dégager les observables permettant de caractériser cet enseignement intégré et de le mettre en perspective avec chaque discipline concernée.
- ▶▶ Enfin, derrière un enseignement intégré, reste la question cruciale des apprentissages visés, là où le possible et le contraint prennent le pas sur ce qui est réellement mis en œuvre par les enseignants.

RÉFÉRENCES

- Bach, J.-F. & Sarmant, J.-P. (2004). *Rapport du groupe de relecture des programmes de collège* (Paris: Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de l'enseignement supérieur).
- Baillat, G. & Niclot, D. (2003). Les enseignants généralistes et les enseignants spécialistes face à l'intégration des savoirs. *Esprit Critique*, 5(1), (<http://www.espritcritique.fr/0501/esp0501article03.pdf>).

- Bergson, H. (1913). *La philosophie de Claude Bernard*. Paper presented at the Cérémonie du centenaire de Claude Bernard.
- Berlin, D. F. & White, A. L. (1994). The Berlin-White integrated science and mathematics model. *School Science and Mathematics*, 94(1), 2-4.
- Boilevin, J.-M. & Ravanis, K. (2007). L'éducation scientifique et technologique à l'école obligatoire face à la désaffection : recherches en didactique, dispositifs et références. *Skholê*, HS(1), 5-11.
- Bourguignon, A. (1997). *De la pluridisciplinarité à la Transdisciplinarité*. Paper presented at the Centre International de Recherches et Études Transdisciplinaire ; Congrès de Locarno, Paris.
- Brandt-Pomares, P., Aravecchia, L., Bally, J., Buisson-Fenet, E., Conio, M., François, N. & al. (2008). Comment former des enseignants pour une éducation à l'environnement et au développement durable ? *Aster*, 46, 205-230.
- Bruce Cassie, J.-R. & Haché, D. (1998). L'utilisation d'une heuristique curriculaire pour créer un apprentissage adapté à la vie. *Revue des sciences de l'éducation*, XXIV(1), 75-93.
- Coquidé, M. (2008). Les disciplines scolaires et leurs enseignement spécialisés : distinguer pour pouvoir articuler et travailler ensemble. In A. Hasni & J. Lebeaume (éd.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (Sherbrooke: CRP), 50-74.
- Delattre, P. (1984). Recherches interdisciplinaires. *Encyclopaedia Universalis*, 9, 1261-1266.
- Develay, M. (2006). *De l'apprentissage à l'enseignement* (Paris : ESF).
- Document d'accompagnement EIST. (2007). *De quoi est fait le monde? Matière et matériaux*. EIST en classe de 6^e. Délégation à l'éducation et à la formation (<http://science-techno-college.net/?page=134>).
- Dupin, J.-J. (2007). Développement de nouveaux curriculums et nouvelles questions aux didactiques de sciences et de la technologie. *Skholê*, HS(1), 165-175.
- Eurybase (2009). La base de données sur les systèmes éducatifs en Europe (<http://eacea.ec.europa.eu/portal/page/portal/Eurydice/EuryPresentation>).
- Fourez, G.. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique : Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences* (Bruxelles: De Boeck).
- Fourez, G.. (1998). Se représenter et mettre en œuvre l'interdisciplinarité à l'école. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 24(1), 31-50.
- Fourez, G. (2002). Les sciences dans l'enseignement secondaire. *Didaskalia*, 21, 107-122.
- Fourez, G., Englebert-Lecomte, V. & Mathy, P. (1997). *Nos savoirs sur nos savoirs : Un lexique d'épistémologie pour l'enseignement* (Bruxelles: De Boeck).
- Gauthier, R.-F. (2006). *Les contenus de l'enseignement secondaire dans le monde : état des lieux et choix stratégiques* (Paris: U.N.E.S.C.O).
- Geraedts, C., Boersma, K. T. & Eijkelhof, H. M. C. (2006). Towards coherent science and technology education. *Journal of Curriculum Studies*, 38(3), 307-325.
- Hasni, A. (2006). Statut des disciplines scientifiques dans le cadre de la formation par compétences à l'enseignement des sciences au secondaire. In A. Hasni, Y. Lenoir & J. Lebeaume (éds) *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire : Dans le contexte des réformes par compétences* (Québec : Presses de l'Université du Québec), 122-156.
- Hasni, A., Lenoir, Y., Larose, F., Samson, G., Bousadra, F. & Satiro dos Santos, C. (2008). Enseignement des sciences et technologies et interdisciplinarité: point de vue d'enseignants

- du secondaire québécois sur leurs pratiques. In A. Hasni & J. Lebeaume (éds) *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (Sherbrooke: CRP), 75-110.
- Hurd, P. D. (1998). Scientific literacy: New minds for a changing world. *Science Education*, 82(3), 407-416.
- Lang, M. & Olson, J. (2000). Integrated Science teaching as a challenge for teachers to develop new conceptual structures. *Research in Science Education*, 30(2), 213-224.
- Lebeaume, J. (2008). La sciences et la technologie dans l'enseignement obligatoire : curriculums et spécialités enseignantes. In A. Hasni & J. Lebeaume (éds) *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (Sherbrooke: CRP), 33-49.
- Lebeaume, J. & Hasni, A. (2008). Réforme Curriculaire et interdisciplinarité en France et au Québec. In A. Hasni & J. Lebeaume (éds) *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (Sherbrooke: CRP), 11-16.
- Léna, P. (2006). *Quel homme voulons-nous demain?* Paper presented at the « La pluridisciplinarité dans l'enseignement des sciences, à partir des thèmes de convergence » (http://science-techno-college.net/telecharger.php?rep=media/document&nom=Lena_StFlour2006.pdf).
- Léna, P., Salviat, B., Elsass, T., Dey, B. & Pedregosa, A. (2010). *Un enseignement intégré de science et technologie au collège : Guide de découverte*. Paris (<http://science-techno-college.net/?page=317>).
- Lenoir, Y. (2001). L'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement: des lectures distinctes en fonction de cultures distinctes. In Y. Lenoir, B. Rey & I. Fazenda (éds) *Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement* (Sherbrooke: CRP), 19-36.
- Lenoir, Y. (2008). L'interdisciplinarité dans l'enseignement scientifique : apports à privilégier et dérives à éviter. In A. Hasni & J. Lebeaume (éd.) *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (Sherbrooke: CRP), 17-32.
- M.E.N., (2001). *Préparation de la rentrée 2001 dans les collèges*. Bulletin Officiel n° 24, 14 juin 2001. Ministère de l'Éducation Nationale.
- M.E.N. (2006). *Socle commun des connaissances et des compétences*, Décret n°2006-830 du 11 juillet 2006. Ministère de l'Éducation Nationale (<http://www.education.gouv.fr/cid2770/le-socle-commun-de-connaissances-et-de-competences.html>).
- M.E.N. (2008). *Bulletin officiel spécial n°6 du 28 août 2008*. Ministère de l'Éducation Nationale (<http://www.education.gouv.fr/cid22120/mene0817023a.html>).
- Magneron, N. & Lebeaume, J. (2004). Les élèves et les itinéraires de découverte : Entre temps extraordinaire et posture moins extraordinaires. *Aster*, 39, 153-172.
- Millar, R. (2006). Twenty first century Science: Insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school Science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521.
- Morge, L. & Boilevin, J.-M. (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie au collège et au lycée* (Clermont-Ferrand: Scéren, CRDP Auvergne).
- Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinarité, Manifeste* (Monaco: Edition du Rocher).
- Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (London: The Nuffield Foundation).
- Piaget, J. (1972). *L'épistémologie des relations interdisciplinaires*. Paper presented at the L'interdisciplinarité, problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités.
- Raulin, D. (2006). *Les programmes scolaires : Des disciplines souveraines au socle commun* (Paris: Retz).

- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science Education now: A renewed pedagogy for the future of Europe* (Luxembourg, Belgium: European Commission).
- Roegiers, X. (2001). *Une pédagogie de l'intégration : Compétences et intégration des acquis dans l'enseignement* (Bruxelles: De Boeck).
- Ross, J. A. & Hogaboam-Gray, A. (1988). Integrating mathematics, science, and technology: effects on students. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1119-1135.
- Saltiel, E. (2001). Les leçons de choses et La main à la pâte. In N. Hulin (éd.) *Études sur l'histoire de l'enseignement de sciences physiques et naturelles* (Lyon: ENS éditions), 111-134.
- Schleicher, A., Cresswell, J., Ikeda, M. & Shewbridge, C. (2007). PISA 2006 : Les compétences en sciences, un atout pour réussir. In OCDE (éd.) *Analyse des résultats* (Vol. 1, <http://www.oecd.org/dataoecd/10/45/39777163.pdf>).
- Serres, M. (dir.) (1989). *Éléments d'histoire des sciences* (Paris: Bordas).
- Svetlana, N. (2006). Three strategies for interdisciplinary teaching: contextualizing, conceptualizing, and problem-centring. *Journal of Curriculum Studies*, 38(3), 251-271.
- Tardif, J. (1995). Les influences de la psychologie cognitive sur les pratiques d'enseignement et d'évaluation. *Revue Québécoise de Psychologie*, 16(2), 175-207.
- Thélot, C. (2004). *Pour la réussite de tous les élèves* (Paris: Rapport de la Commission du débat national sur l'avenir de l'école).
- Venville, G., Wallace, J., Rennie, L. & Malone, J. (2000). Bridging the boundaries of compartmentalised knowledge: student learning in an integrated environment. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 23-35.