

CONSTATS ET DÉFIS À RELEVER EN MATIÈRE D'INTÉGRATION ET D'INTERDISCIPLINARITÉ : RÉSULTATS PARTIELS D'UNE RECENSION D'ÉCRITS¹

GHISLAIN SAMSON *Université de Québec à Trois-Rivières*

ABDELKRIM HASNI *Université de Sherbrooke*

ALEXANDRE DUCHARME-RIVARD *Commission scolaire Marguerite-Bourgeoys*

RÉSUMÉ. Le texte porte sur les résultats partiels d'une recension des écrits professionnels et scientifiques concernant les approches intégratives (intégration et interdisciplinarité) dans le contexte des liens entre sciences, technologies et mathématiques au secondaire. Des définitions des principaux concepts d'intégration et d'interdisciplinarité, pris au sens strict, sont proposées du point de vue de leur utilisation dans les curriculums scolaires en recherche et dans le cadre des activités professionnelles. Certains des résultats, sous la forme de constats, sont présentés. Puis, des défis à relever dans l'implantation d'approches intégratives d'une manière générale, et celles dites interdisciplinaires en particulier, sont soulignés et discutés. Parmi les résultats présentés, notons que l'interdisciplinarité demeure un concept plutôt flou alors que les justifications quant à son utilisation sont nombreuses, touchant notamment la contextualisation du savoir et la motivation.

FACTS AND CHALLENGES IN INTEGRATION AND INTERDISCIPLINARITY : PARTIAL RESULTS OF A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT. This text presents partial results of a literature review on integrated approaches (integration and interdisciplinarity) in contexts related to science, technology, and mathematics at a high school level. The main concepts of interdisciplinarity systems and integration are discussed based on the strict sense of the term interdisciplinarity as well as in the broader sense used in academic curriculums. These concepts were also examined from both research and practical angles (professional activities in class). Some results are presented as statements of fact whereas other results are worded as challenges that have to be considered when implementing integrated approaches such as multidisciplinary ones. Amongst the results, we note that multidisciplinary integration remains a broad concept whereas many reasons are brought forth to justify its use especially relating to knowledge contextualization and motivation.

I. INTRODUCTION

Les nouvelles orientations québécoises et mondiales en matière d'enseignement des STM (sciences et technologies, et mathématiques²) soulignent l'importance du recours à des approches plus ouvertes, dont l'approche interdisciplinaire, permettant un enseignement contextualisé et intégratif. Le Québec n'y échappe pas avec le renouveau pédagogique amorcé au début des années 2000 et qui fait de l'interdisciplinarité l'une des quatre orientations fondatrices (Ministère de l'Éducation du Québec [MEQ], 2004). Aux États-Unis, depuis la fin des années 1980, les autorités nationales, le *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM, 1989), l'*American Association for the Advancement of Science* (AAAS, 1989), le *National Research Council*, (NRC, 1996) et le *National Science Teachers Association* (NSTA, 2012), ont également retenu l'interdisciplinarité parmi les approches d'enseignement à privilégier. Chez nos voisins du sud, par exemple, cette approche fait encore partie des standards actuels (AAAS, 1989; NCTM, 2000; NRC, 1996).

Or, les enseignants ont besoin d'être soutenus pour développer de telles approches, en se basant sur des savoirs solides en STM (savoirs à enseigner) et en éducation (savoirs pour enseigner), tout en prenant en considération les résultats de recherche (Hasni, Lenoir, Larose, Samson, Bousadra et Dos Santos, 2008; Hasni, Samson, Moresoli et Owen, 2009; Samson, 2011) sur les pratiques enseignantes telles qu'elles sont vécues dans la salle de classe avec les élèves (savoirs de la pratique ou d'expérience).

Dans le cadre de cet article, nous présentons dans un premier temps, la problématique sur laquelle nous travaillons, en l'occurrence, sur l'intégration et l'interdisciplinarité. Dans un deuxième temps, nous développons brièvement les concepts en jeu et les définitions retenues dont celle de l'interdisciplinarité. Dans un troisième temps, nous exposons succinctement la méthodologie (basée sur l'analyse de contenu) utilisée pour la recension des écrits ainsi que le cadre d'analyse qui en découle. Suivent les résultats partiels portant sur la recension des écrits en cours, exposés sous la forme de constats. Enfin, une conclusion tente d'apporter un éclairage nouveau au regard de la problématique soulevée, des résultats trouvés et des défis à relever.

2. CLOISONNEMENT DISCIPLINAIRE : UN CONTEXTE PUREMENT QUÉBÉCOIS?

Au Québec, depuis les États généraux du milieu des années 1990, l'idée de regrouper des disciplines scolaires en champs ou en domaines d'apprentissage scolaires a fait son apparition. D'abord, pour favoriser les liens entre les disciplines, puis pour éviter leur morcellement. Parmi les nombreux rapports qui ont précédé la rédaction des programmes de formation de l'école québécoise (MEQ, 2004; Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport [MELS], 2007) et décrivant notamment la problématique du « saucissonnage des savoirs », il

y a eu « Faire avancer l'école » (MEQ, 1993), « Préparer les jeunes au XXI^e siècle » (MEQ, Groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire, 1994) et « Réaffirmer l'école » (MEQ, Groupe de travail sur la réforme du curriculum, 1997). Tous ces rapports ont proposé l'organisation du programme en domaines d'apprentissage scolaires intégrant chacun plusieurs disciplines afin de favoriser le décroisement de ces dernières. Dans ses rapports de 1990 et 1991, le Conseil supérieur de l'éducation reconnaissait déjà l'importance de la jonction entre apprentissages scientifiques et apprentissages mathématiques.

Dans le cadre du renouveau pédagogique québécois et pour faciliter l'intégration de la discipline science et technologie³ et de la discipline mathématique, le MELS propose un regroupement sous un même domaine d'apprentissage⁴ et constitue à nos yeux une certaine forme d'intégration (Samson, 2002). Ainsi, l'intégration des disciplines proposées peut favoriser l'établissement de liens entre les mathématiques et la chimie pour le balancement d'équations, ou en mathématiques et en physique pour l'application de la loi d'Ohm. Cet agencement des disciplines par domaine⁵ représente un pas vers le décroisement des matières scolaires, en ce sens qu'il permet de les situer par rapport à des domaines de référence et incite l'enseignant à concevoir sa discipline comme une partie intégrante d'une dimension importante de la formation de l'élève. (MEQ, 2004, p. 15)

Ces disciplines sont intrinsèquement liées et leur évolution, de même que leur dynamique interne, porte la marque de leur synergie. Ainsi, « qu'il s'agisse de la conception ou de la représentation de certains objets technologiques, de la construction de modèles mathématiques ou encore de la représentation de phénomènes scientifiques naturels, l'interdisciplinarité [ou l'intégration] qui les caractérise s'avère incontournable » (MEQ, 2004, p. 61). Dans les écoles, nombreux sont les projets réalisés où il y a agencement ou « co-utilisation » d'au moins deux disciplines. Très souvent cependant, les mathématiques servent de moteur ou d'outil aux sciences (Samson, 2007), leur potentiel étant malheureusement trop souvent limité et leur utilisation trop accessoire (par exemple, tracer un graphique, calculer le prix d'un article, etc.). Ainsi, nous sommes d'avis qu'il faudrait plutôt viser l'apprentissage de nouveaux concepts mathématiques dans le contexte des sciences et technologies.

Ailleurs, et du côté de la recherche, la question des liens unissant les disciplines sciences et mathématiques ou de l'intégration des matières selon certains, est à la fois ancienne et contemporaine (Bassok et Holyoak, 1989; Hurley, 2001; Malafosse, Lerouge et Dusseau, 2001; Maloney, 1994; Samson, 2004).

En 1990, puis en 1998, Klein a tracé l'évolution du contexte historique de l'interdisciplinarité. En 2005, la méta-analyse préparée par Berlin et Lee a montré qu'il y avait plus d'articles entre 1990 et 2001 (449 articles) sur l'intégration des mathématiques et des sciences qu'il y en a eu entre 1901 et 1989

(401 articles), d'où l'intérêt croissant pour cette question. Nous y reviendrons dans le devis méthodologique.

Dans le cadre de ce texte, nous avons voulu analyser des articles professionnels⁶ (Spectre – au Québec, ou *School Science and Mathematics* – aux États-Unis, par exemple) et scientifiques (Revue des sciences de l'éducation – au Québec, ou *International Journal of Science Education* – aux États-Unis, par exemple) afin d'en arriver à certains constats susceptibles de nous permettre d'identifier les défis à relever, tant du côté de la pratique professionnelle que du côté de la recherche. Les questions auxquelles nous souhaitons répondre se résument comme suit: 1) Comment des écrits scientifiques abordent-ils la question de l'intégration et celle de l'interdisciplinarité du point de vue conceptuel et des modalités de mise en œuvre?; 2) Comment les concepts d'intégration et d'interdisciplinarité sont-ils traités dans les écrits professionnels et scientifiques?

Dans le système scolaire, l'interdisciplinarité fait œuvre d'étiquette à la mise en réseau des disciplines (Fourez, Maingain et Dufour, 2002). D'ailleurs, il existe une variété de définitions. C'est entre autres pour cette raison qu'apparaissent les concepts de multidisciplinarité (au sens de la juxtaposition de disciplines sans rapport apparent entre elles) et de pluridisciplinarité (au sens de la juxtaposition de disciplines plus ou moins voisines entre elles).

Dans le même ordre d'idées, Fourez et ses collaborateurs (2002) distinguent l'interdisciplinarité au sens strict, aux autres typologies :

Contrairement à la multidisciplinarité et à la pluridisciplinarité, l'interdisciplinarité au sens strict implique d'abord une véritable interaction entre deux ou plusieurs disciplines, ce qui va au-delà d'une simple juxtaposition de points de vue. À cet égard, elle constitue une pratique intégratrice en vue de l'approche de certains problèmes dans leur particularité. (p. 61)

Le terme interdisciplinarité évoque un espace commun, un facteur de cohésion entre des savoirs différents. Chacun accepte de faire des efforts 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. Il s'agit de promouvoir [...] l'avènement d'une race de spécialiste de la non-spécialité. (Gusdorf, as cited Fourez et al., 2002, p. 61)

Dans ces différentes citations, il ressort que l'interdisciplinarité au sens strict n'est pas seulement une juxtaposition de regards disciplinaires, mais une négociation entre les disciplines dans le but de résoudre une problème qui n'est pas exclusif à une discipline. Ainsi, la construction d'une représentation, d'une question ou d'un problème doit intégrer réellement plusieurs aspects, points de vue, etc. L'importance d'une complémentarité entre les disciplines ressort dans ces définitions, point que Lenoir et Sauvé (1998) soulignent dans la définition de l'interdisciplinarité scolaire. Le concept d'interdisciplinarité est considéré dans cette recherche au sens large et intègre d'autres concepts que les auteurs utilisent pour désigner les liens interdisciplinaires, comme

l'intégration, par exemple. Beaucoup de travaux aux États-Unis et dans la communauté anglo-saxonne de façon générale utilisent le concept d'intégration plutôt que celui d'interdisciplinarité (Hasni et al., 2008). On constate dès lors que le cloisonnement disciplinaire n'est pas exclusif au contexte québécois, mais que les appellations peuvent varier selon les courants théoriques, la langue d'enseignement, et d'autres choses.

3. DEVIS MÉTHODOLOGIQUE

Notre démarche de recherche a consisté à effectuer, de façon itérative, l'analyse et la synthèse de textes écrits et publiés dans des revues anglophones et disponibles en ligne, et quelques revues francophones disponibles en format papier. L'analyse de la documentation professionnelle et scientifique s'est effectuée en identifiant à l'intérieur des articles recensés, ceux qui traitent de l'un ou l'autre des concepts d'interdisciplinarité (*interdisciplinarity*), de connexion (*connection*), d'intégration (*integration*), etc. (Dans le contexte de l'enseignement des sciences et des technologies ou des mathématiques, que ce soit dans le titre, le résumé ou les mots-clés des articles trouvés). En tout, pour la période allant de 1996 à 2006, ce n'est pas moins d'une centaine d'articles qui ont été répertoriés et qui traitent de l'intégration ou de l'interdisciplinarité en sciences et technologies ou mathématiques. Cette décennie nous a semblé propice en matière de productivité, notamment pour les articles clés de Klein (1998) et de Berlin et Lee (2005). Cependant, seulement une quarantaine de ces articles traitant à la fois de STM sont considérés dans notre article. Ce sont les résultats tirés de l'analyse partielle de ces articles qui sont présentés ici.

La prochaine section décrit brièvement la méthodologie, mais plus particulièrement des éléments de la grille d'analyse utilisée. Malgré toute la rigueur méthodologique, nous ne pouvons prétendre, du moins pour le moment, à une analyse *in fine*. Une analyse systématique de l'ensemble des articles est actuellement en cours, en considérant autant les dimensions conceptuelles et justificatives que les résultats des recherches empiriques qui y sont présentés.

3.1 Élaboration de la grille d'analyse et analyse des articles

Prenant appui sur l'analyse de contenu (Bardin, 2006) et afin d'analyser les articles à l'aide de la grille produite à cet effet,⁷ nous avons procédé à une première lecture de chaque article (lecture complète ou des extraits de texte contenant les concepts à l'étude). Le but était de confronter le contenu au résumé (validation interjuge pour stabilisation des critères de la grille). Les articles ayant fait l'objet d'une analyse approfondie et permettant de compléter une grille ont été conservés, tandis que les autres ont été rejetés. Un article pouvait être rejeté parce qu'il traitait de l'intégration en STM, mais dans un tout autre sens (en contexte universitaire, par exemple) que celui retenu pour cette recherche.

La grille d'analyse des articles comprend cinq grandes sections, à savoir : 1) les caractéristiques de l'écrit; 2) la description des concepts traités et les définitions (si présentes); 3) les modalités de mise en œuvre de l'approche interdisciplinaire; 4) des informations sur le volet empirique de la recherche; et 5) une synthèse. Chaque section comporte des sous-sections permettant ainsi une analyse des textes sélectionnés (tel que mentionnés plus haut). Pour les besoins du présent article, nous avons retenu seulement les définitions des deux concepts à l'étude et les justifications ou les raisons pour lesquelles les auteurs des articles professionnels et scientifiques recourent à l'intégration ou à l'interdisciplinarité.

Nous souhaitons poursuivre cette section de la méthodologie en nous appuyant sur des écrits scientifiques (Klein, 1998; Berlin et Lee, 2005) que nous considérons importants car ils permettent de classer les définitions selon les catégories retenues. Pour présenter nos premiers résultats d'analyse, nous nous appuyons sur la catégorisation des concepts d'intégration et d'interdisciplinarité que Berlin et Lee (2005) proposent. Pour chacune des catégories identifiées, nous y exposons des effets du cloisonnement disciplinaire, dont les difficultés d'implantation, abordés dans les articles issus des revues en didactique des sciences et des mathématiques.

3.2 Principales catégories retenues pour l'analyse

Dans leur méta-analyse, à la lumière du nombre d'articles publiés depuis les cent dernières années, Berlin et Lee en 2005 ont démontré qu'il y avait un intérêt croissant pour l'interdisciplinarité. De ces recensions des écrits, les auteurs ont fait émerger différentes catégories identifiant trois contextes dans lesquels l'interdisciplinarité (ou l'intégration) est proposée :

1. En *contexte curriculaire* : soit par l'élaboration d'un curriculum intégré, c'est-à-dire qui vise la mise en commun d'au moins deux disciplines, soit par son analyse du point de vue de la recherche ou encore des implications d'un tel curriculum, entre autres, sur les pratiques de classe.
2. En *contexte d'enseignement* : regroupe les recherches qui analysent, par exemple, l'utilisation de l'interdisciplinarité en classe, l'élaboration d'activités interdisciplinaires ou l'analyse des apprentissages des élèves en contexte interdisciplinaire.
3. En *contexte de formation* : ces recherches présentent des contextes dans lesquels on forme (formation initiale ou continue) des enseignants à l'interdisciplinarité.

Considérant l'ampleur de l'analyse de Berlin et Lee (2005) et puisque ces catégories nous semblent pertinentes et en lien avec les objectifs que nous nous sommes fixés, nous avons retenu les trois formes de contexte proposées (sections 4.1 à 4.3). Nous y avons ajouté deux dimensions tirées de notre grille,

à savoir, les définitions (4.4) et les justifications (4.5). Une analyse sommaire et générique a été réalisée afin de pouvoir en tirer les constats et d'identifier les défis à relever en matière de recherche et d'enseignement.

4. RÉSULTATS PARTIELS

Les résultats partiels sont présentés et subdivisés selon les orientations identifiées dans des recherches en contextes curriculaire, d'enseignement, puis de formation. Suivent les résultats selon les orientations identifiées dans les définitions retenues puis dans les justifications du recours à l'interdisciplinarité.

4.1 Orientations identifiées dans des recherches en contexte curriculaire

Certains écrits scientifiques que nous avons analysés s'intéressent plus particulièrement au contexte curriculaire, notamment ceux dits « interdisciplinaires ». C'est le cas par exemple du texte de Jacobs (1989) qui explicite l'importance d'une discussion entre les « disciplinaires » lors de l'élaboration d'un curriculum interdisciplinaire. La recherche de Woodbury (1998) fait ressortir différents curriculums intégrés⁸ de sciences et de mathématiques. Il y a d'abord les curriculums qui s'orientent autour d'un ou de plusieurs thèmes pour faire de l'intégration. Ensuite, l'auteur présente un exemple d'un curriculum basé sur des problèmes et sur les intérêts des élèves. C'est dans la résolution de ces problèmes que s'effectue l'intégration. Enfin, il présente un dernier curriculum où les liens entre les disciplines se font à partir d'une discipline de référence, qui pourrait ici être les sciences et technologies ou mathématiques.

McGehee (2001) ne propose pas un curriculum intégré car l'implantation d'un tel curriculum s'avère difficile pour lui. Premièrement, les enseignants doivent coordonner leur enseignement. Deuxièmement, l'interdisciplinarité fait sortir les enseignants de leur zone de confort. Il y a donc un danger à ce que les concepts soient agencés entre eux sans qu'il y ait un lien pertinent pour favoriser la construction de concepts. L'auteur propose plutôt que les enseignants deviennent les « designers » du curriculum, comme on peut, par exemple, en Finlande où les programmes sont élaborés par un comité indépendant de la politique et du ministère de l'éducation. L'intégration pourra alors se produire entre le curriculum (contenus) et le métacurriculum (habiletés et stratégies d'apprentissage). Au dire de McGehee (2001), les enseignants doivent collaborer sans mettre de côté leur discipline respective et ils doivent viser un but commun. Cependant, plusieurs auteurs, dont Hasni, Couturier, Samson et Varlet (2005), ont attiré l'attention sur des dérives possibles dans une approche où le curriculum est dit « intégré ».

4.2 Orientations identifiées dans des recherches en contexte d'enseignement

Dans les articles publiés sur le contexte d'enseignement, nous remarquons que les auteurs abordent le problème de l'intégration⁹ de différentes façons.

Il y a d'abord des articles traitant des difficultés de la mise en place de l'intégration (McGehee, 2001). Une difficulté à l'intégration est le manque de soutien des institutions (Frykholm et Glasson, 2005; Huntley, 1999; Isaacs, Wagreich et Gartzman, 1997). De plus, le fait que les sciences et les mathématiques n'utilisent pas la même terminologie ne facilite pas l'intégration (Judson et Sawada, 2000). Il est donc nécessaire que les enseignants collaborent (Holmes, 2006; James, Lamb, Bailey et Householder, 2000; McGehee, 2001; Roebuck et Warden, 1998; Ross et Hogaboam-Gray, 1998). Qui plus est, et comme le soulignent Ross et Hogaboam-Gray (1998), les enseignants doivent avoir de bonnes connaissances en sciences et en mathématiques pour faire de l'intégration, ce qui n'est pas toujours le cas. Huntley (1999), quant à lui, renchérit à l'effet qu'il manque de modèles d'enseignants réalisant réellement et correctement de l'intégration.

C'est possiblement pour répondre en partie au manque de modèles d'intégration que certains écrits en proposent un (Holmes, 2006; James et al., 2000; O'Brien et Douglas, 2000; Ross et Hogaboam-Gray, 1998; Venville, Wallace, Rennie et Malone, 2000). Dans ces recherches, certains auteurs considèrent les TIC (technologies de l'information et des communications) en tant qu'un outil facilitant l'intégration entre les sciences et les mathématiques (James et al., 2000; Judson et Sawada, 2000; Ross et Hogaboam-Gray, 1998; Venville, Wallace, Rennie et Malone, 1998, 2000, 2002; Venville, Rennie et Wallace, 2004).

Dans quelques articles de recherche, des effets positifs de l'intégration sur l'apprentissage des élèves ont été mis en exergue. Parmi les avantages relevés quant à l'utilisation de l'intégration en contexte d'enseignement, soulignons qu'elles favorisent le développement d'habiletés en résolution de problèmes, permettent aux élèves de faire preuve de créativité et facilitent le développement d'aptitudes pour le travail en équipe (James et al., 2000; Ross et Hogaboam-Gray, 1998). Ces derniers mentionnent aussi que l'intégration des sciences et des mathématiques motive davantage les élèves. Souvent, les implications se font au niveau des processus et pas seulement au niveau des contenus (Roebuck et Warden, 1998), ce qui s'avère intéressant au plan de la mise en oeuvre.

4.3 Orientations identifiées dans des recherches en contexte de formation

Pour ce qui est des recherches en contexte de formation, nous retrouvons des enjeux qui sont sensiblement les mêmes qu'en contexte d'enseignement. Roebuck et Warden (1998), Watanabe et Huntely (1998), puis Basista et Mathews (2002) mentionnent la nécessité de connaître les contenus des deux disciplines pour pouvoir faire de l'intégration. Les résultats de ces trois recherches en viennent à la conclusion qu'il est nécessaire de former les enseignants à l'intégration afin qu'ils puissent plus aisément tisser des liens entre les deux disciplines. Basista et Mathews (2002) en viennent même à affirmer qu'il faut un minimum de 72 heures de formation pour voir des changements notables. Or, le défi reste tout entier puisque la formation à l'enseignement, du

moins pour les profils sciences et technologies, puis mathématiques, se fait et se fera encore séparément, notamment au Québec. Seuls quelques cours, dans certaines universités, invitent les étudiants de sciences et technologies et de mathématiques, à la collaboration en contexte interdisciplinaire (Samson, Hasni, Gauthier et Potvin, 2011; Samson, 2012).

D'un autre côté, les recherches de Watanabe et Huntely (1998), puis celles de Frykholm et Glasson (2005) et de McGinnis (2005) vont plutôt s'intéresser aux conceptions des enseignants ou des formateurs par rapport aux sciences et aux mathématiques. Avant de pouvoir réaliser de l'intégration dans sa classe, ces recherches montrent l'importance de connaître la façon dont les gens perçoivent ces deux disciplines car leurs conceptions influencent leur manière de faire de l'intégration. Parmi les conceptions identifiées, on retrouve que les sciences et les mathématiques sont fortement liées (Watanabe et Huntely, 1998). Les phénomènes en sciences constituent de bons contextes pour les mathématiques, tandis que les mathématiques aident les sciences à modéliser les phénomènes (Watanabe et Huntely; Frykholm et Glasson; McGinnis). Toutefois, il est mentionné dans plusieurs articles (Hurley, 2001; James et al., 2000; Pang et Good, 2000) qu'il est plus facile d'intégrer des contenus mathématiques dans le cours de sciences que l'inverse.

Au-delà des orientations identifiées dans ces recherches, nos expériences en matière d'accompagnement et de formation continue des enseignants à l'interdisciplinarité viennent relancer tout le débat « du temps nécessaire » pour se rencontrer et pour planifier en équipe interdisciplinaire (Hasni et al., 2008). Du côté de la formation initiale, nous avons déjà questionné la formation monodisciplinaire offerte dans plusieurs universités (Samson, 2012). C'est entre autres pour ces dernières raisons que certaines recherches s'intéressent à la formation des enseignants, thème que nous avons traité dans d'autres ouvrages (Hasni et al., 2008; Hasni et Samson, 2010; Samson, 2011). La question consiste à savoir si nous devons former les futurs enseignants à l'interdisciplinarité ou mieux encore par l'interdisciplinarité (Hasni et Samson, 2010).

4.4 Orientations identifiées dans les définitions retenues

L'interdisciplinarité s'aborde d'un point de vue scientifique, en explorant les frontières des disciplines et d'un point de vue professionnel, comme un élément de réponse à la complexité de sa mise en oeuvre (Fourez et al., 2002; Lenoir et Sauvé, 1998). Dans la définition de Jantsch (1972, p. 108), l'interdisciplinarité est une « axiomatique commune à un groupe de disciplines connexes, définies au niveau et au sous-niveau hiérarchique immédiatement supérieur ». Cette définition de l'interdisciplinarité reprend la conception d'une unification des savoirs scientifiques qui fut à l'origine du concept d'interdisciplinarité (Lenoir, 2001) qui se situe à un niveau hiérarchique supérieur. Cette définition reste toutefois au niveau scientifique et non scolaire (professionnel).

Nous n'avons pas trouvé d'articles relativement récents (1996-2006) définissant de façon explicite l'intégration ou l'interdisciplinarité, que ce soit en contexte curriculaire, d'enseignement ou de formation. Il ne semble pas y avoir de définition univoque et standardisée des concepts, du moins dans le contexte des STM, Lowe (2002) se limitant à les définir de façon générale. Nous avons aussi noté que ces concepts sont souvent confondus. La terminologie utilisée dépend à la fois de la posture épistémologique, en l'occurrence les auteurs de référence, ainsi que de la langue de publication (français ou anglais). Au sens large du terme, l'interdisciplinarité (ou l'intégration) réfère à la mise en réseau de plusieurs disciplines dans un contexte donné ou en réponse à un problème particulier. Dans le contexte scolaire anglo-saxon, c'est ainsi qu'elle est utilisée. En recherche, différentes nuances sont apportées, permettant l'usage de concepts tels que la multidisciplinarité, la pluridisciplinarité, l'interdisciplinarité au sens strict, l'interdisciplinarité scolaire, etc., ou le recours à des typologies comme celle de Huntley (1998)¹⁰ (*Mathematics for the sake of mathematics, Mathematics with sciences, Mathematics and science, Sciences with mathematics, Science for the sake of science*), celle de Hurley (2001) (*Sequenced, Parallel, Partial, Enhanced* ou *Total*) ou encore celle d'Ashmann, Zawojewski et Bowman (2006) (*Co-existence, Co-mingling, Competition* ou *Context*) dans des contextes curriculaire, d'enseignement ou de formation.

De façon générale, les articles analysés révèlent qu'il n'y a pas de consensus autour des définitions utilisées de l'intégration et de l'interdisciplinarité. De plus, il ressort que l'acception très large de l'interdisciplinarité, notamment dans les travaux rapportés comme des innovations pédagogiques (revue professionnelle) et des travaux empiriques (revue scientifique), témoigne de l'intérêt pour jumeler les deux disciplines (sciences et technologies-mathématiques), d'une part, mais aussi de la difficulté d'en arriver à cibler des intentions claires et une classification (Lowe, 2002) sans équivoque (de la multi-, pluri-, trans- et de l'inter-disciplinarité), d'autre part.

Ainsi, l'interdisciplinarité au sens strict (Fourez et al., 2002; Lenoir et Sauvé, 1998) doit mettre en relation au moins deux disciplines qui contribuent à résoudre un problème particulier en négociant leur apport respectif. Cette contribution n'est pas propre à l'une ou à l'autre des disciplines car ces dernières doivent avoir un statut égalitaire et complémentaire. En contexte scolaire, la poursuite des apprentissages s'avère essentielle, que ce soit au niveau des savoirs ou des démarches à caractère scientifique ou mathématique (Hasni, 2006). Hurley (2001) s'inscrit aussi dans ce sens avec le modèle d'intégration qu'il nomme *Total integration* : « *Science and mathematics are taught together in intended equality* » (p. 263). Ici aussi, la notion d'égalité, voire d'équité entre les deux disciplines, est présente.

4.5 Orientations identifiées dans les justifications du recours à l'interdisciplinarité

Contrairement aux définitions qui sont plutôt rares dans les textes retenus et analysés, les justifications du recours à l'interdisciplinarité au sens large sont nombreuses et généralement bien développées et, plus particulièrement, dans les textes professionnels. Aux fins des analyses et de l'interprétation, nous avons retenu, selon les fréquences d'apparition et la récurrence dans les articles, trois grandes catégories de justifications au regard du recours à l'interdisciplinarité (ou à l'intégration). Il s'agit de : 1) la compréhension des contenus disciplinaires (et des concepts) ; 2) la contextualisation des savoirs ; et 3) la motivation (des élèves). Chaque justification est déclinée en sous-catégories permettant d'apporter tantôt des nuances, tantôt des précisions. Dans les paragraphes qui suivent, chacune d'elles est développée en tentant de susciter un éclairage nouveau aux plans épistémologique et conceptuel.

Si nous avons choisi de les séparer pour tenter d'en faire une bonne analyse, il n'est cependant pas facile d'en faire une telle sectorisation. Très souvent, les justifications s'entrecroisent, venant tantôt du contexte curriculaire, tantôt du contexte d'enseignement, tantôt du contexte de formation.

4.5.1 Vers une compréhension meilleure, plus profonde et davantage holistique. L'article d'Ernst et Ellis (2005) montre que les élèves développent une compréhension globale et plus profonde des concepts scientifiques essentiels lorsque ces derniers sont enseignés dans un contexte signifiant. Il semble que l'interdisciplinarité, dans le cadre d'un projet lié au domaine aquatique, pourrait soutenir les élèves dans leur compréhension (Lambert, 2006). À ce propos, les exemples sont nombreux. Soulignons celui de O'Connor (2003) : « Je veux utiliser l'algèbre et la chimie pour appliquer les habiletés algébriques pour résoudre un problème de chimie, fournissant ainsi une expérience plus significative dans les deux matières » (p. 40) [traduction libre]. Le fait de voir les mathématiques utilisées en sciences permet aux élèves une compréhension approfondie des concepts dont les ratios, les proportions, les fractions, comme des habiletés nécessaires pour la réalisation de graphiques (Sumrall et Halpin, 2000). Comme le soulignent Pontius et Sherman (2000), la rétention en serait améliorée : « Ainsi, les étudiants en sciences peuvent reconnaître l'origine littéraire de certains concepts et la possibilité de faire leurs propres connexions afin de viser une rétention à long terme de leurs connaissances » (p. 4) [traduction libre].

Enfin, soulignons qu'outre les résultats cités ci-haut, l'expression *a deep understanding* ou *a deeper understanding* est utilisée dans quelques articles professionnels analysés (Schwalbach et Dosemagen, 2000, p. 90; Shaw, Baggett, Daughenbaugh, Daughenbaugh et Santoli, 2005, p. 24). Cette meilleure compréhension ou plus en profondeur [traduction libre] laisse présager ce pourquoi les enseignants accordent autant d'importance dans leur justification du recours à l'interdisciplinarité.

4.5.2 *Pour une contextualisation.* L'importance accordée à la contextualisation dans l'enseignement est suffisamment grande pour subdiviser les effets en deux catégories: l'authenticité et la signifiante.

Pour plusieurs auteurs, l'intégration ou l'interdisciplinarité permet aux élèves de travailler dans des contextes authentiques se rapprochant des situations réelles (Lambert, 2006) et basées sur des activités de la vie quotidienne (Holmes, 2006). Qui plus est, l'intégration peut favoriser l'établissement de liens entre les départements (et les personnes) (Ross et Hogaboam-Gray, 1998). L'exemple du projet intitulé la *Navigation céleste* se veut une belle occasion de collaborer avec des collègues des sciences sociales, mathématiques, anglais (Rosenkrantz, 2005, p. 35). Pour Ross et Hogaboam-Gray (1998), l'interdisciplinarité (ou l'intégration) favoriserait une culture de la collaboration entre les pairs en provoquant des contextes authentiques au niveau des situations d'enseignement/apprentissage à présenter aux élèves. Cette collaboration est essentielle pour favoriser une intégration durable (Samson et al., 2011).

Dans ce cas, les expressions retenues dans les revues professionnelles sont celles du « *real-world investigations* » (Krajcik, Czerniak et Berger, cités dans Park, O'Brien, Eraso et McClintock, 2002, p. 28) ou du « *connections to real-world applications* » (Sumrall et Halpin, 2000, p. 69) ou encore du « *the real-life connections* » (Ernst et Ellis, 2005, p. 19). Toujours selon ces derniers, l'apprentissage à travers des expériences authentiques demeure une excellente façon d'intégrer les sciences avec d'autres disciplines afin d'aider les élèves à voir les liens entre la vie réelle et ce qu'ils apprennent à l'école, ou pour reprendre l'idée de Lambert (2006) dans son article scientifique, à savoir d'étendre les apprentissages au-delà de la classe!

Enfin, le dernier élément sur lequel nous souhaitons nous arrêter est celui du contexte signifiant dans le cadre d'activités à caractère interdisciplinaire. Pour Lambert (2006), il faut que le contexte du problème étudié soit pertinent aux yeux des élèves. « Par exemple, en contextualisant les activités mathématiques dans des situations réelles qui exigent des connaissances scientifiques, l'intégration pourrait réduire les difficultés rencontrées par certains élèves face à des problèmes abstraits » (McBride et Silverman 1991, cités dans Ross et Hogaboam-Gray, 1998, p. 1121) [Traduction libre].

Il serait difficile de terminer cette section sur la contextualisation, et plus particulièrement sur l'authenticité et la signifiante des contextes, sans aborder la question du transfert des apprentissages. Comme le souligne Holmes (2006), il est essentiel que les élèves soient capables de transférer les concepts fondamentaux en mathématiques et en physique vers des situations en dehors de la classe. L'approche interdisciplinaire qui est présentée dans un contexte authentique et signifiant peut contribuer au transfert des apprentissages entre deux disciplines connexes ou entre l'école et la vie de tous les jours (Samson,

2004, 2010). Ces liens avec le réel et la vie de tous les jours contribuent souvent à une hausse de la motivation des élèves.

4.5.3 Vers une motivation accrue. Enfin, le dernier élément de justification sur lequel nous souhaitons nous arrêter est celui de la motivation des élèves (et des enseignants). Dans l'article professionnel (Hoyle, Mjelde et Litzenberg, 2006), on cite notamment l'exemple d'un projet de météorologie intitulé *DECIDE* qui favorise la motivation des élèves. Différentes disciplines y sont intégrées. Ainsi, l'exploitation de contextes authentiques et signifiants dans une optique interdisciplinaire favoriserait des apprentissages plus larges et davantage imbriqués. De plus, le fait d'aborder une situation sous différents angles augmente les chances de rejoindre chaque apprenant dans ses expériences, ses champs d'intérêt et ses valeurs, et d'accroître ainsi sa motivation.

Nombreux sont les articles professionnels, moins dans le cas de ceux dits scientifiques, qui réfèrent aux effets positifs de l'interdisciplinarité sur les élèves, en particulier sur leur motivation. Comme la motivation est un aspect important de l'apprentissage, plusieurs recherches sur les « curriculums intégrés » rapportent des niveaux plus élevés de motivation tant pour les élèves que pour les enseignants, ce qui se traduit par une réduction des problèmes de gestion de classe ou de comportement (Wicklein et Schell, 1997).

Pour Rudeney et Whidden (2005), une autre conséquence importante de cette amélioration de la motivation se situe au niveau de l'intérêt des élèves et découle tantôt de l'authenticité de la situation, tantôt du réalisme du contexte : « Parce que l'économie locale est essentiellement agricole, la thématique de la sécurité face à l'utilisation des pesticides semblait toute naturelle (la ville de Mount Vernon, Washington, est une communauté agricole célèbre pour de beaux champs de tulipes qui attirent des milliers de visiteurs chaque printemps) ». (p. 28) [Traduction libre].

5.0 CONCLUSION

Deux orientations sont identifiées dans les articles professionnels et scientifiques analysés. Celles qui cherchent à définir ou à proposer des définitions ou des catégories (peu d'articles et principalement scientifiques), et celles qui s'efforcent de proposer des modèles de mise en œuvre de l'interdisciplinarité sans nécessairement définir ce à quoi cela renvoie. Cette deuxième orientation semble prédominante dans les textes professionnels analysés. Ce constat, s'il est généralisé, pourrait avoir des conséquences importantes sur l'enseignement (et la formation). En effet, si les curricula, ici comme ailleurs, n'outillent pas les enseignants sur ce que signifie l'intégration ou l'interdisciplinarité, encore moins sur sa mise en œuvre, on risque entre autres de confondre l'interdisciplinarité au sens strict et l'interdisciplinarité au sens large. On ne tient pas compte non plus des caractéristiques propres à ces catégories et nuances conceptuelles. Dès qu'il y a un lien potentiel entre deux disciplines, plusieurs parlent alors

d'interdisciplinarité, et ce, particulier, dans les revues professionnelles, mais aussi, à l'occasion, dans celles considérées comme scientifiques.

Au-delà de ces constats, des pistes de réflexion et de recherche méritent d'être proposées, ce qui devrait constituer des défis tant du côté de la pratique que du côté de la recherche. Pour ce faire, nous prenons appui sur l'écrit de Pang et Good (2000) qui en ont identifié quelques-unes et qui sont en cohérence avec les constats tirés de notre recension des écrits. Puis d'une comparaison possible avec le curriculum québécois :

- l'importance de clarifier le concept d'interdisciplinarité et réfléchir sur ses fondements, ses finalités et les conditions de sa mise en œuvre ;
- des débats de nature épistémologique en didactique des sciences et en didactique des mathématiques sont exigés ;
- les fondements sur l'idée de mettre plus l'accent sur les sciences plutôt que sur les mathématiques et vice versa ;
- le développement de matériels didactiques et de modèles d'intégration.
- des justifications empiriques des effets de l'intégration, tout particulièrement sur l'apprentissage conceptuel des élèves ;
- des perceptions erronées qu'ont les formateurs d'enseignants et les enseignants de l'intégration ;
- des recherches empiriques sur les difficultés dans l'implantation d'approches intégrant les sciences et les mathématiques puis la proposition de solutions ;

Ces pistes identifiées au début des années 2000 par Pang et Good (2000) nous paraissent encore d'actualité (Hasni et Samson, 2010; Samson, 2010, 2011) et constituent des défis, d'autant que peu de recherches ont donné des résultats probants jusqu'à présent. De plus, à la lumière des écrits, dont celui d'Hasni (2006), la question des critères de mise en œuvre de l'intégration et de l'interdisciplinarité se pose à l'instant où s'achève l'implantation de nouveaux curriculums un peu partout dans de nombreux systèmes éducatifs en occident, en particulier au Québec. Ainsi, que signifient concrètement :

- la mise en relation d'au moins deux disciplines pour une meilleure compréhension du problème ou de la situation ;
- l'analyse curriculaire permettant d'avoir des points convergents entre différentes disciplines ;
- les relations égalitaires entre les disciplines ;
- la poursuite de l'apprentissage des savoirs dans chacune des disciplines impliquées, tant en sciences et technologies qu'en mathématiques.

Au terme de cet article, nous pouvons nous questionner sur l'importance accordée à l'intérêt pour l'intégration et les approches intégratives dont l'interdisciplinarité. Il semble que, dans bien des cas, ce soit pour respecter les standards (Ashmann et al., 2006) que les activités, projets ou curriculums, du moins du côté américain, sont proposés en contextes curriculaire, d'enseignement ou de formation.

En ce qui concerne les limites de notre recherche, l'utilisation d'un nombre restreint de descripteurs pour représenter l'information contenue dans une unité d'analyse contribue à la réduction de l'information contenue dans celle-ci. Par conséquent, notre méthode d'analyse peut ne pas rendre compte des nuances apportées par les auteurs des textes étudiés. En outre, l'utilisation d'un seul descripteur (par exemple, interdisciplinarité) pour représenter à l'occasion des termes apparentés ou à l'occasion synonymes (par exemple, pluridisciplinarité, multidisciplinarité, etc.) peut ne pas tenir compte des acceptions différentes de ces termes, ni de leur évolution dans le temps. Malgré ces limites, la prise en compte des résultats de notre recension des écrits à partir des écrits professionnels et scientifiques peut permettre d'enrichir les pratiques enseignantes et indiquer de nouvelles avenues de recherche.

NOTES

1. Cette recension des écrits a été réalisée dans le cadre du projet Perfectionnement des compétences en enseignement des sciences, technologies et mathématiques du personnel enseignant au secondaire financé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (Hasni et al., CRSNG, 2005-2011).
2. À noter que nous préférons l'utilisation du pluriel pour désigner ces disciplines. Soulignons toutefois que le Ministère privilégie l'usage du singulier.
3. Cinq champs disciplinaires d'ordre scientifique (chimie, physique, biologie, astronomie, géologie) et divers champs d'applications technologiques.
4. Le nouveau programme comprend cinq domaines d'apprentissage au premier cycle et six au second cycle : les langues, les mathématiques, la science et technologie, l'univers social, le développement personnel et social et les arts. Pour le cycle supérieur, le développement professionnel est ajouté.
5. Dans le Régime pédagogique de l'enseignement primaire et secondaire, plusieurs disciplines sont regroupées et ont ainsi un caractère intégrateur, dont la STM.
6. L'article professionnel se veut généralement plus court, rédigé avec un langage propre à la profession et s'adresse ici à des enseignants, alors que l'article scientifique, dans son modèle classique, est habituellement tiré d'une recherche et s'adresse à la communauté scientifique avec un langage spécialisé.
7. Une grille a été produite puis validée par les chercheurs en l'appliquant à une dizaine d'articles. Cette validation a permis de stabiliser les éléments de la grille et de s'assurer de la compréhension commune de chacun des éléments qui la composent. En plus de la section d'informations générales, ces éléments renvoient aux quatre grandes sections retenues, incluant les éléments du cadre conceptuel.
8. Traduction libre de *meaningful context*.
9. Comme il s'agit principalement de publications anglophones, c'est le concept d'intégration qui est utilisé.

10. Ce concept est sensiblement le même que celui de Lonning et DeFranco (1994). La traduction libre des différentes catégories pourrait se lire ainsi : mathématiques pour l'amour des mathématiques, des mathématiques avec les sciences, les mathématiques et les sciences, les sciences avec les mathématiques, les sciences pour l'amour des sciences, et co-existence, mélangée, en compétition ou en contexte.

RÉFÉRENCES

- American Association for the Advancement of Science (1989). *Project 2061. Science for all Americans*. Washington, DC: Author.
- Ashmann, S., Zawojewski, J. et Bowman, K. (2006). Integrated mathematics and sciences teacher education courses: A modelling perspective. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6(2), 189-200.
- Bardin, L. (2006). *L'analyse de contenu*. Paris, FR : Presses universitaires de France.
- Basista, B. et Mathews, S. (2002). Integrated science and mathematics professional development programs. *School science and mathematics*, 102(7), 359-370.
- Bassok, M. et Holyoak, K.J. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 153-166.
- Berlin, D.F. et Lee, H. (2005). Integrating science and mathematics education: Historical analysis. *School Science and Mathematics*, 105(1), 15-24.
- Conseil supérieur de l'éducation (1990). *L'initiation aux sciences de la nature chez les enfants du primaire. Avis au ministre de l'enseignement supérieur et de la science*. Québec, QC : Gouvernement du Québec.
- Conseil supérieur de l'éducation (1991). *L'intégration des savoirs au secondaire : au coeur de la réussite éducative. Avis au ministre de l'Éducation et à la ministre de la Science*. Québec, QC : Gouvernement du Québec.
- Ernst, J. et Ellis, D. (2005). The prairie science class: Pioneering a trail in interdisciplinary learning. *Science Scope*, 28(7), 16-19.
- Fourez, G. (dir.). Maingain, A. et Dufour, B. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. Bruxelles, BE : De Boeck Université.
- Frykholm, J. et Glasson, G. (2005). Connecting science and mathematics instruction: Pedagogical context knowledge for teachers. *School Science and Mathematics*, 105(3), 127-141.
- Hasni, A. (2006). Statut des disciplines scientifiques dans le cadre de la formation par compétences à l'enseignement des sciences au secondaire. Dans A. Hasni, Y. Lenoir et J. Lebaume (dir.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire, dans le contexte des réformes par compétences* (pp. 121-156). Québec, QC : Presses de l'Université du Québec.
- Hasni, A., Couturier, Y., Samson, G. et Varlet, M. (2005, mai). *Interdisciplinarité et enseignement des sciences et technologies au secondaire : quelle place, quelles finalités et quelles modalités de mise en œuvre?* Présentation de résultats d'une recherche exploratoire. Communication dans le cadre du 73^e Congrès de l'ACFAS, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, QC.
- Hasni, A., Lenoir, Y., Larose, F., Samson, G., Bousadra, F. et Dos Santos, C.S. (2008). Enseignement des sciences et technologies et interdisciplinarité : point de vue d'enseignants du secondaire québécois sur leurs pratiques. Dans A. Hasni et J. Lebaume (dir.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (pp. 75-110). Sherbrooke, QC : Éditions du CRP.
- Hasni, A. et Samson, G. (2010). La question de l'intégration dans le référentiel des compétences professionnelles au Québec : enjeux et défis pour la formation à l'enseignement des sciences. Dans Y. Lenoir et M. Bru (dir.), *Les référentiels dans la formation à l'enseignement. Quels référentiels pour quels curriculums?* (pp. 147-167). Toulouse, FR : Presses universitaires du Sud.
- Hasni, A., Samson, G., Moresoli, C. et Owen, M.-E. (2009). Points de vue d'enseignants de sciences au premier cycle du secondaire sur les manuels scolaires dans le contexte de l'implantation des nouveaux programmes au Québec. *Revue des sciences de l'éducation*, 35(2), 83-105.

- Holmes, M.H. (2006). Integrating the learning of mathematics and science using interactive teaching and learning strategies. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3-4), 247-256.
- Hoyle, J.E., Mjelde, J.W. et Litzenberg, K.K. (2006). Weather to make a decision. *Science Scope*, 29(5), 24-27.
- Huntley, M.A. (1998). Design and implementation of a framework for defining integrated mathematics and science education. *School Sciences and Mathematics*, 98(6), 320-327.
- Huntley, M.A. (1999). Theoretical and empirical investigations of integrated mathematics and science education in the middle grades with implications for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 50(1), 57-67.
- Hurley, M.M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: The search for evidence and definitions from new perspectives. *School Sciences and Mathematics*, 101(5), 259-268.
- Isaacs, A., Wagreich, P. et Gartzman, M. (1997). The quest for integration: School mathematics and science. *American Journal for Education*, 106, 179-206.
- Jacobs, H.H. (dir.) (1989). *Interdisciplinary curriculum : Design and implementation*. Alexandria, VA : Association for Supervision and Curriculum Development.
- James, R.K., Lamb, C.E., Bailey, M.A. et Householder, D.L. (2000). Integrating science, mathematics, and technology in middle school technology-rich environments: A study of implementation and change. *School Science and Mathematics*, 100(1), 27-35.
- Jantsch, E. (1972). Vers l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité dans l'enseignement et l'innovation. Dans L. Apostel, G. Berger, A. Briggs et G. Michaud (dir.), *L'interdisciplinarité, problème d'enseignement et de recherche dans les universités* (pp. 98-125). Paris, FR : Organisation de Coopération et de Développement Économiques.
- Judson, E. et Sawada, D. (2000). Examining the effects of a reformed junior high school science class on students' math achievement. *School Science and Mathematics*, 100(8), 419-425.
- Klein, J.T. (1990). *Interdisciplinarity : History, theory and practice*. Detroit, MI: Wayne State University Press.
- Klein, J.T. (1998). L'éducation primaire, secondaire et postsecondaire aux États-Unis : vers l'unification du discours sur l'interdisciplinarité. *Revue des sciences de l'éducation*, 24(1), 51-74.
- Lambert, J. (2006). High school marine science and scientific literacy: The promise of an integrated science course. *International Journal of Science Education*, 28(6), 633-654.
- Lenoir, Y. (2001). L'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement : des lectures distinctes en fonction de cultures distinctes. Dans Y. Lenoir, B. Rey et I. Fazenda (dir.), *Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement* (pp. 17-36). Sherbrooke, QC : Éditions du CRP.
- Lenoir, Y. et Sauvé, L. (1998). L'interdisciplinarité et la formation des enseignants au primaire et au secondaire. *Revue des sciences de l'éducation*, XXIV(1). Numéro thématique.
- Lonning, R.A. et DeFranco, T.C. (1994). Development and implementation of an integrated mathematics / science preservice elementary methods course. *School Science and Mathematics*, 94(1), 18-25.
- Lowe, A. (2002). La pédagogie actualisante ouvre ses portes à l'interdisciplinarité scolaire. *Éducation et francophonie*, XX(2), 220-240.
- Malafosse, D., Lerouge, A. et Dusseau, J.-M. (2001). Étude en inter didactique des mathématiques et de la physique de l'acquisition de la loi d'Ohm au collège : changement de cadre de rationalité, *Didaskalia*, 18, 61-98.
- Maloney, D.P. (1994). Research on problem solving : physics. In D.L. Gabel (dir.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 327-354). Toronto, ON: MacWilliam.
- McGehee, J.J. (2001). Developing interdisciplinary units: A strategy based on problem solving. *School Science and Mathematics*, 101(7), 380-389.
- McGinnis, J.R. (2005). College science, mathematics, and methods teaching faculty talk about science and mathematics: An examination of faculty discourse in a reform-based teacher preparation program. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1, 5- 38.

- Ministère de l'Éducation du Québec. (1993). *Faire avancer l'école*. Québec, QC : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation du Québec, Groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire. (1994). *Préparer les jeunes au XXI^e siècle* (Rapport corbo). Québec, QC : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation du Québec, Groupe de travail sur la réforme du curriculum. (1997). *Réaffirmer l'école* (Rapport inchausé). Québec, QC : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation du Québec (2004). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, 1^{er} cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (2007). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, 2^e cycle*. Québec : Gouvernement du Québec.
- National Council of Teacher of Mathematics (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teacher of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Science Teachers Association (2012). *NSTA Recommends*. Consulté à partir du site web : <http://www.nsta.org/recommends/>
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- O'Brien, T. et Douglas, S. (2000). SSMILes: 5(e)z steps to teaching Earth-Moon scaling: An interdisciplinary mathematics/science/technology mini-unit. *School Science and Mathematics*, 100(7), 390-395.
- O'Connor, J.-P. (2003). *Innovations in science and technology education*. Paris: UNESCO Publications.
- Pang, J.S. et Good, R. (2000). A review of the integration of science and mathematics: Implications for further research. *School Science and Mathematics*, 100(2), 73-82.
- Park, D.-Y., O'Brien, G., Eraso, M. et McClintock, E. (2002). **A scooter inquiry: An integrated science, mathematics, and technology activity.** *Science Activities*, 39(3), 27-32.
- Pontius, R. et Sherman, H. (2000). Ideal integration. *Science Scope*, 23(7), 41-42.
- Roebuck, K.I. et Warden, M.A. (1998). Searching for center on the mathematics-sciences continuum. *School Science and Mathematics*, 98(6), 328-333.
- Rosenkrantz, K. (2005). Celestial navigation. *Science Scope*, 29(1), 30-36.
- Ross, J.A. et Hogaboam-Gray, A. (1998). Integrating mathematics, science, and technology: Effects on students. *International Journal of Science Education*, 20(9), 1119-1135.
- Rudensey, L. et Whidden, J. (2005). **Spill sleuths: An interdisciplinary environmental health investigation.** *Science Scope*, 28(5), 28-32.
- Samson, G. (2002, mai). *Mathématique, science et technologie : tout un domaine d'apprentissage!* Communication présentée dans le cadre du Colloque régional Apprendre les sciences et la technologie, Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, QC.
- Samson, G. (2004). *Étude exploratoire du transfert des connaissances entre les mathématiques et les sciences auprès d'une clientèle de 4^e secondaire*. (Thèse de doctorat inédite, Université du Québec à Trois-Rivières).
- Samson, G. (2007). Enseigner les sciences en intégrant les mathématiques et ainsi favoriser le transfert des apprentissages. Dans P. Potvin, M. Riopel et S. Masson (dir.), *Enseigner les sciences : regards multiples* (pp. 411-426). Québec, QC : Éditions multiMondes.
- Samson, G. (2010). Regards croisés d'élèves et d'enseignants sur une didactique de l'interdisciplinarité. Le transfert des apprentissages peut-il être visé en mathématiques, sciences et technologie au secondaire? *Revue de l'Interdisciplinarité Didactique*, 1(1), 41-65.

Samson, G. (2011, mars) Représentations d'enseignants québécois à l'égard de leurs pratiques interdisciplinaires en mathématiques, sciences et technologie : défis et perspectives didactiques. *Le travail enseignant au XXI^e siècle. Perspectives croisées : didactiques et didactique professionnelle*. Actes de la Colloque international de l'INRP, 1-17. Consulté à partir du site web : <http://www.inrp.fr/archives/colloques/travail-enseignant/contrib/95.pdf>

Samson, G. (2012). Pratiques de l'intégration des mathématiques, des sciences et des technologies : est-ce possible? Manuscrit soumis pour publication.

Samson, G., Hasni, A., Gauthier, D. et Potvin, P. (dir.) (2011). *Pour une collaboration école-université en science et techno. Des pistes pour l'apprentissage*. Québec, QC : Les Presses de l'Université du Québec, Collection Éducation-Intervention.

Schwalbach, E.M. et Dosemagen, D.M. (2000). Developing student understanding: Contextualizing calculus concepts. *School Science and Mathematics*, 100(2), 90-98.

Shaw, E.L. Jr., Baggett, P.V., Daughenbaugh, L.R., Daughenbaugh, R.L. et Santoli, S. (2005). From boxed lunch to learning boxes: An interdisciplinary approach. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 42(3), 16-25.

Sumrall, W.J. et Halpin, R.F. (2000). Integration and presentation. *Science Scope*, 24(1), 68-71.

Venville, G., Rennie, L. et Wallace, J. (2004). Decision making and sources of knowledge: How students tackle integrated tasks in science, technology and mathematics. *Research in Science Education*, 34(2), 115-135.

Venville, G., Wallace, J., Rennie, L. et Malone, J. (1998). The integration of science, mathematics, and technology in a discipline-based culture. *School Science and Mathematics*, 98(6), 294-302.

Venville, G., Wallace, J., Rennie, L. et Malone, J. (2000). Bridging the boundaries of compartmentalised knowledge: Student learning in an integrated environment. *Research in Science and Technological Education*, 18(1), 23-35.

Venville, G., Wallace, J., Rennie, L.J. et Malone, J. (2002). Curriculum integration: Eroding the high ground of science as a school subject? *Studies in Science Education*, 37, 43-84.

Watanabe, T. et Huntely, M.A. (1998). Connecting mathematics and sciences in undergraduate teacher education programs: Faculty voices from the Maryland Collaborative for Teacher Preparation. *School Science and Mathematics*, 98(1), 19-25.

Wicklein, R.C. et Schell, J.W. (1997). Case studies of multidisciplinary approaches to integrated mathematics, science and technology education. *Journal of Technology Education*, 6(2), 1-9.

Woodbury, S. (1998). Rhetoric, reality, and possibilities: Interdisciplinary teaching and secondary mathematics. *School Science and Mathematics*, 98(6), 303-311.

GHISLAIN SAMSON est professeur-chercheur de didactique des sciences à l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). Il s'intéresse plus particulièrement aux liens entre les sciences, les technologies et les mathématiques, tant auprès des enseignants que des élèves du primaire et du secondaire. Il est notamment chercheur régulier au LERTIE (Laboratoire d'études et de recherches trans/inter disciplinaires en éducation) de l'UQTR. ghislain.samson@uqtr.ca

ABDELKRIM HASNI est professeur-chercheur de didactique des sciences à l'Université de Sherbrooke. Ses thèmes de recherche sont les savoirs scolaires en sciences et technologies et leur enseignement-apprentissage, les curriculums et les manuels scolaires en sciences et technologies, les pratiques d'enseignement en sciences et technologies ainsi que les approches intégratives. abdelkrim.hasni@usherbrooke.ca

ALEXANDRE DURCHARME-RIVARD est conseiller pédagogique en mathématiques à la Commission scolaire Marguerite-Bourgeoys. Il est également chargé de cours en didactique des mathématiques à l'Université de Sherbrooke ainsi qu'à l'Université du Québec à Montréal. alexandre.ducharmerivard@csmc.qc.ca

GHISLAIN SAMSON is a Professor-Researcher in Science Didactics at the Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR). He is particularly interested in the links between science, technology and mathematics, working with both teachers and primary and secondary level students. He is a researcher at the LERTIE (Laboratoire d'études et de recherches trans/inter disciplinaires en éducation) of UQTR. ghislain.samson@uqtr.ca

ABDELKRIM HASNI is a Professor-Researcher in Science Didactics at the Université de Sherbrooke. His research centers on scholastic knowledge, teaching-learning processes, curricula, school textbooks, teaching practices and integrative approaches in science and technology. abdelkrim.hasni@usherbrooke.ca

ALEXANDRE DURCHARME-RIVARD is a Pedagogical Adviser in mathematics at the Commission scolaire Marguerite-Bourgeoys. He is also a lecturer in mathematics didactics at the Université de Sherbrooke and the Université du Québec à Montréal. alexandre.ducharmerivard@csmc.qc.ca