

LES CONNAISSANCES MATHÉMATIQUES ET DIDACTIQUES CHEZ LES FUTURS MAÎTRES DU PRIMAIRE : QUATRE CAS À L'ÉTUDE

Marie-Pier Morin
Université de Sherbrooke

Les futurs enseignants et enseignantes présentent de nombreuses lacunes dans l'apprentissage de la didactique des mathématiques, lesquelles sont souvent accentuées par des attitudes négatives véhiculées face aux mathématiques. Ces lacunes et ces attitudes ne sont pas sans conséquence quant à l'enseignement de cette matière aux enfants. Ces préoccupations étant à l'origine de notre étude, cet article traite des difficultés qu'éprouvent les futurs maîtres en fin de formation à effectuer l'intégration de leurs connaissances mathématiques et didactiques en classe d'enseignement.

Mots-clés : Didactique des mathématiques, futurs enseignants, difficultés en mathématiques, attitudes, réflexion critique.

Preservice teachers demonstrate many knowledge gaps in learning to teach mathematics and these gaps are often accentuated by their negative attitudes to the subject. These gaps and attitudes can be important when teaching this material to children. Our study, which grew out of these concerns, discusses the difficulties still being experienced by student teachers at the end of their teacher education program in trying to integrate their knowledge of both mathematics and mathematics teaching methods.

Key words: Didactics, preservice teachers, mathematical difficulties, attitudes, critical reflection

INTRODUCTION

Pour un grand nombre de personnes qui s'inscrivent dans les programmes de formation des maîtres du primaire, les mathématiques constituent une discipline difficile à aborder. Les futurs enseignants et enseignantes rencontrent de nombreuses difficultés dans l'apprentissage de la didactique des mathématiques, lesquelles sont liées tant aux conceptions erronées qu'ils partagent qu'à une faible formation mathématique de base. Conséquemment, ces derniers véhiculent fréquemment une image déformée des mathématiques et manifestent des attitudes plutôt négatives à son égard. Ces difficultés et attitudes ont des impacts importants, notamment en ce qui concerne l'apprentissage de la didactique des mathématiques et l'enseignement de cette matière aux enfants. C'est ce qui nous a amenée à nous questionner, d'une part, sur la façon dont sont utilisées les connaissances mathématiques et didactiques par les futurs enseignants et enseignantes du primaire et, d'autre part, sur le niveau de réflexion critique manifesté par ces derniers à l'égard de leur pratique d'enseignement. L'article qui suit retrace les différentes étapes d'une recherche exploratoire qui a été conduite auprès de quatre futures enseignantes en fin de formation.

LE CONCEPT D'ERREUR D'UN POINT DE VUE DIDACTIQUE

L'apprentissage de la didactique des mathématiques dans le cadre de la formation des maîtres soulève de nombreuses difficultés chez les futurs enseignants et enseignantes, lesquelles sont souvent reflétées par les erreurs qu'ils font au plan mathématique. Si la portée de certaines erreurs peut sembler limitée, d'autres peuvent générer des conséquences importantes quant à l'apprentissage et à l'enseignement des mathématiques aux enfants. Diverses conceptions peuvent donc être associées aux différentes erreurs (Astolfi, 1997; Bachelard, 1993/1938; Brousseau, 1983; Charnay, 1996; Joshua et Dupin, 1993). Pour ne citer que Brousseau (1983), « l'erreur n'est pas seulement l'effet de l'ignorance, de l'incertitude, du hasard, (...), mais l'effet d'une connaissance antérieure, qui avait son intérêt, ses succès, mais qui maintenant, se révèle fausse ou simplement inadaptée » (p. 171).

Nesher (1987) a établi une distinction entre les erreurs qui semblent le fruit de l'ignorance, de l'incertitude, du hasard et celles qui dissimulent une certaine logique, en opposant erreur à conception erronée. Pour elle, la conception erronée, qui découle de concepts et de croyances déjà en place mais appliqués incorrectement à un autre domaine, est plus importante que l'erreur. Nesher (1987) a illustré cette distinction à l'aide d'une situation qui provient d'une étude portant sur la nature des erreurs faites par les élèves du primaire dans la comparaison de nombres décimaux. Cette situation met de l'avant un enfant qui compare les nombres décimaux en suivant le même raisonnement que s'il avait à comparer les nombres naturels. Par exemple, pour cet enfant, 0,234 est plus grand que 0,4 parce que le plus grand nombre est celui qui contient le plus de chiffres. Or, ce qui semble être une erreur au premier abord se traduit plutôt par une conception erronée véhiculée par l'enfant.

Si les enfants développent des conceptions erronées et que ces dernières ne sont pas prises en compte, elles peuvent se consolider et persister jusqu'à l'âge adulte. C'est ce qui a été dégagé par Graeber, Tirosh et Glover (1989) dans une étude visant à examiner les conceptions erronées des futurs enseignants et enseignantes en rapport à celles des 628 enfants, adolescentes et adolescents ayant pris part à l'étude de Fischbein, Deri, Nello et Marino (1985). Sommairement, cette dernière étude a révélé que, de façon générale, les opérations arithmétiques sont souvent liées à des modèles primitifs tels que par exemple, « la multiplication doit toujours donner un nombre plus grand »¹, « le diviseur doit être un nombre entier »² ou « la division doit toujours donner un nombre plus petit »³ (p. 14). Pour parvenir à ce constat, Graeber *et al.* (1989) ont élaboré un questionnaire à partir des éléments contenus dans le test de Fischbein *et al.* (1985) et l'ont complété par une entrevue individuelle conduite avec chacun des futurs maîtres prenant part à l'étude (N = 129). Les résultats ont montré que plus du tiers des personnes consultées n'a pas réussi quatre ou plus des treize questions

¹ Traduction libre

² Traduction libre

³ Traduction libre

relatives à la multiplication et la division. De plus, l'analyse des entrevues a fait ressortir que les participantes et les participants soutenaient tous au moins une des conceptions évoquées plus haut sur la multiplication et la division, ce qui s'avère pour le moins alarmant.

Cette étude met donc en lumière que les conceptions erronées véhiculées par les enfants, les adolescentes et les adolescents de l'étude de Fischbein *et al.*, se retrouvent chez les futurs maîtres de l'étude de Graeber *et al.*, ce qui peut laisser croire que leur enseignement contribuera à perpétuer ces fausses conceptions chez les enfants. En effet, les conceptions erronées étant bien enracinées chez eux, ils pourront difficilement les repérer en tant qu'erreurs ou conceptions équivalentes chez les élèves à qui ils enseigneront.

Plusieurs auteurs ont observé une maîtrise inadéquate des connaissances mathématiques chez les futurs maîtres du primaire (Arsenault et Voyer, 2003; Baturo et Nason, 1996; Cornell, 1999; Fennema et Franke, 1992; Morin, 2003; Morris, 2001; Putt, 1995; Sanders et Morris, 2000; Stacey, Helme, Steinle, Baturo, Irwin et Bana, 2001). Pour Arsenault et Voyer, qui ont fait passer un examen de connaissances mathématiques portant sur des notions du primaire et du premier cycle du secondaire à tous les étudiants et étudiantes de leur université qui débutaient leur formation à l'enseignement (N = 186), « les futurs maîtres du primaire présentent des lacunes majeures dans la maîtrise des concepts mathématiques qu'ils devront enseigner » (p. 3). Quant à Morris (2001), qui a fait une constatation semblable, elle affirme que les futurs enseignants et enseignantes ne sont pas conscients des implications que leurs lacunes peuvent avoir chez leurs futurs élèves. Le portrait n'étant pas plus reluisant chez les enseignantes et les enseignants en exercice, Ma (1999) affirme que plusieurs d'entre eux ont une compréhension inadéquate des notions mathématiques qu'ils ont à enseigner. De ce fait, les futurs maîtres vivent un rapport souvent problématique avec les mathématiques, ce qui donne lieu à des attitudes négatives vis-à-vis cette matière (Cornell, 1999; Foss et Kleisasser, 1996; Gellert, 2000; Philippou et Christou, 1998; Schuck, 1997, 1996; Morin, 2003).

Ces difficultés et attitudes ont des conséquences importantes quant à l'apprentissage même de la didactique des mathématiques et l'enseignement de cette matière aux enfants. Un des impacts majeurs

reliés au manque de connaissances des futurs enseignants et enseignantes a trait au manque de regard critique dont ils font preuve devant leurs apprentissages et leur pratique d'enseignement. En effet, ils semblent tellement occupés à comprendre ce qu'ils ont à enseigner ou encore à lutter contre leur ressentiment envers les mathématiques qu'ils ont du mal à prendre du recul par rapport à ce qu'ils font pour poser un regard critique sur leur acte d'enseigner. Nous partageons ainsi le point de vue de Jonnaert (1995) qui, dans le cadre d'une réflexion portant sur la formation didactique des enseignantes et des enseignants et plus particulièrement sur les contraintes de la relation didactique, a affirmé que la spécificité disciplinaire associée à cette relation « impose aux formateurs d'enseignants chargés de la formation didactique d'être capables de former leurs étudiants à porter *un regard épistémologique et critique sur la discipline* qu'ils auront à enseigner » (p. 11).

Cette nécessité d'action au plan réflexif nous conduit vers les travaux de Schön (1983, 1987) à propos de la pratique réflexive. En s'inspirant des travaux de Dewey, Schön a introduit une nouvelle façon de concevoir l'apprentissage du professionnel qui, selon lui, se développe en interaction avec la pratique. Il considère alors le professionnel comme un praticien réflexif qui apprend à partir de réflexions *dans* l'action et *sur* l'action. L'application de ce concept étant intéressante pour l'enseignement, plusieurs chercheurs s'y sont intéressés de près ou de loin pour la formation des enseignantes et des enseignants (Faingold, 1996 ; Paquay, 1994 ; Paquay et Wagner, 1996 ; Perrenoud, 1994).

Ce qui précède démontre déjà des difficultés que l'on pourrait rencontrer au niveau de la formation didactique des étudiantes et des étudiants que nous venons de décrire. Par contre, les problèmes reliés au manque de regard critique sont, selon nous, souvent imputables à la formation elle-même et s'appliquent donc à l'ensemble de la clientèle inscrite à la formation des maîtres et non seulement à ceux et celles qui présentent certaines lacunes et qui véhiculent des attitudes négatives face aux mathématiques. Ces problèmes sont donc d'autant plus importants et demandent que l'on cherche à développer des modèles de formation appropriés.

MODÈLES THÉORIQUES DE FORMATION À LA DIDACTIQUE

Dans le cadre de cet article, nous ferons état de deux modèles de formation à la didactique qui nous apparaissent intéressants à plusieurs points de vue pour répondre aux problèmes identifiés. Le premier modèle présenté est celui de Portugais (1995) et le second, celui de Fennema et Franke (1992). Toutefois, avant d'aborder ces modèles, il nous importe de préciser notre cadre de référence par rapport au concept même de didactique. Pour ce faire, parmi les nombreuses définitions que l'on retrouve dans la littérature, nous avons retenu celle de Jonnaert et Vander Borgh (1999), portant sur l'objet d'étude des didactiques des disciplines :

« Les didactiques des disciplines s'intéressent aux processus de transmission et d'acquisition des savoirs relatifs aux disciplines scolaires dont elles portent un projet d'enseignement et d'apprentissage. En ce sens, elles se préoccupent des interactions entre les processus d'enseignement et d'apprentissage à propos d'une discipline scolaire en particulier. Elles portent également un intérêt particulier aux diverses transformations que subit le savoir pour devenir un objet d'enseignement et ensuite un objet de connaissance. Mais le principal objet d'étude des didactiques des disciplines est le rapport qui s'établit entre le savoir institutionnalisé et les connaissances de l'apprenant » (Jonnaert et Vander Borgh, p. 87).

Comme il sera possible de le constater dans les modèles présentés d'une part et, d'autre part, par le biais des objets d'observation que nous avons définis, cette définition est celle qui rejoint le plus notre conception de la didactique de même que nos intérêts de recherche. En évoquant l'enseignement et l'apprentissage puis les savoirs relatifs aux disciplines scolaires, elle fait ressortir les trois composantes du triplet didactique que sont les élèves, l'enseignante ou l'enseignant et le savoir en jeu ; elle met clairement en relief l'interaction qui s'établit entre ces trois composantes et, enfin, elle fait valoir le travail de transposition didactique qui doit être accompli afin que le savoir puisse devenir un objet d'enseignement.

La transposition didactique, qui est désignée par Chevallard (1985) comme étant « le passage d'un contenu de savoir précis à une version didactique de cet objet de savoir » (p. 39), signifie qu'avant d'être

enseigné, un contenu mathématique doit subir « un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement » (p. 39). Selon nous, la transposition didactique suppose également que l'enseignante ou l'enseignant soit capable de mettre en relation la notion enseignée avec les autres notions mathématiques.

Le concept de didactique étant fréquemment confondu avec celui de pédagogie, il nous apparaît important d'en faire la distinction afin de pouvoir les utiliser sans équivoque. Ainsi, comme nous venons de le voir, si le rapport au savoir se veut un élément prioritaire lorsque l'on parle de didactique, la pédagogie vise plus la gestion des interactions sociales dans les situations d'enseignement et d'apprentissage. Toutefois, bien que la didactique et la pédagogie aient toutes deux leur champ d'action respectif, elles restent complémentaires dans les situations d'enseignement et d'apprentissage. En effet :

« (1) Les didactiques des disciplines sont nécessairement *inscrites dans le champ d'une discipline scolaire* dont elles portent le projet d'enseignement et d'apprentissage. Les rapports entre savoir codifié et connaissances des apprenants à propos de cette discipline sont au centre des intérêts de la didactique de cette discipline.

(2) La pédagogie ne porte pas un regard prioritaire sur les rapports au savoir. Elle s'intéresse plutôt aux *conditions* mises en place par l'enseignant pour faciliter les démarches d'enseignement et d'apprentissage. Elle porte un regard particulier sur les interactions entre les différents acteurs des séquences d'enseignement et d'apprentissage.

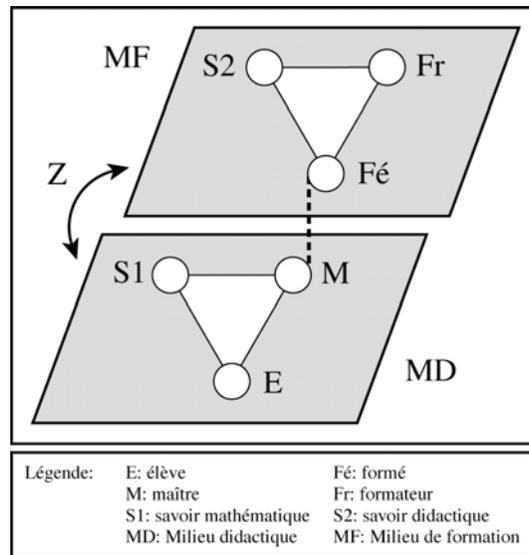
(3) La pédagogie, comme les didactiques des disciplines, s'intéresse à la *pratique* de l'enseignement et de l'apprentissage. (...).

(4) Les didactiques et la pédagogie sont *complémentaires* dans l'étude des séquences d'enseignement et d'apprentissage » (Jonnaert et Vander Borgh, p. 71).

LE MODÈLE DE PORTUGAIS

Dans le cadre de ses travaux, Portugais (1995) a développé un modèle théorique de formation à la didactique. En admettant le double-système dans lequel évolue le futur maître, soit le système didactique et le système de formation, ce modèle tient compte de la nécessité d'établir un lien entre la théorie et la pratique et confirme ainsi notre conviction selon

laquelle il est important d'amener la future enseignante ou le futur enseignant à effectuer le transfert de ses apprentissages.

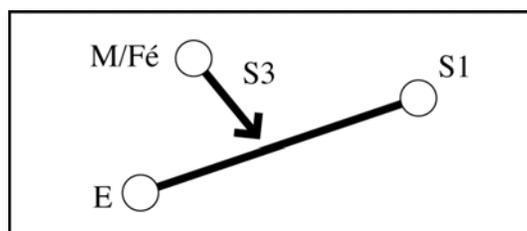


(Portugais, 1995, p. 282)

Figure 1
Modélisation théorique du double-système

Tel que le présente la figure 1, le modèle théorique de formation à la didactique met en valeur le plan du milieu didactique et le plan du milieu de formation. D'une part, la triade maître / élève / savoir mathématique compose le système didactique, qui se situe dans le plan du milieu didactique. D'autre part, la triade formateur / formé / savoir didactique constitue le système de formation, qui se trouve dans le plan du milieu de formation. En considérant ces deux plans de façon séparée, mais toujours en relation, ce modèle fait clairement ressortir la situation duale du maître / formé qui passe de la position de formé (ou d'*enseigné*) à la position de maître (ou d'*enseignant*) et vice versa.

Selon Portugais (1995), lorsque le formé intègre le savoir didactique et l'introduit dans le milieu didactique en y devenant le maître, il « en fait une « utilisation » qui devient réorganisatrice au niveau des relations E-S1 » (p. 283), ce qui ouvre la voie à un troisième savoir, le savoir d'expérience (S3). La figure 2 illustre la position de ce savoir dans l'interaction didactique.



(Portugais, 1995, p. 283)

Figure 2

Position du savoir d'expérience dans l'interaction didactique

Comme son nom l'indique, le savoir d'expérience est un savoir qui se construit en situation. On ne pourrait donc l'extraire directement du savoir didactique. Ce type de savoir s'élabore plutôt de façon progressive. À partir des expériences vécues dans le milieu didactique, le maître en formation doit constamment trouver un équilibre entre le plan du milieu de formation et le plan du milieu didactique. La fonction Z, présentée à la figure 1, concerne d'ailleurs cette relation didactique qui s'établit entre le formateur, le formé, le savoir didactique et le savoir d'expérience.

Nous pensons que la formation des maîtres devrait davantage tenir compte de la dualité que vivent les futurs enseignants et enseignantes, laquelle est d'ailleurs accentuée par les stages de formation de ces derniers. En effet, dans la même semaine et souvent, dans la même journée, les futurs maîtres passent du rôle d'élève au rôle d'enseignant, ce qui implique, entre autres, qu'ils doivent rapidement assimiler les notions enseignées pour ensuite les intégrer à leur enseignement.

LE MODÈLE DE L'ÉLABORATION DU SAVOIR ENSEIGNANT DE FENNEMA ET FRANKE

Dans son modèle théorique de formation à la didactique, Portugais (1995) aborde la notion de savoir sous différents angles : le savoir mathématique, le savoir didactique et le savoir d'expérience. Mais que désigne-t-on au juste par ces savoirs dont la maîtrise est nécessaire pour enseigner ? Bien que plusieurs auteures et auteurs aient défini ce qu'ils entendent par le « savoir enseignant », nous avons retenu la définition de Fennema et Franke (1992), puisqu'elle concerne spécifiquement l'enseignement des mathématiques. Comme nous pourrions le constater, ces dernières parlent de « savoir », puis de « connaissances ». Pour éviter toutes confusions, il nous apparaît donc important d'établir la différence entre ces deux termes. Pour ce faire, nous avons choisi la distinction apportée par Brun (1994).

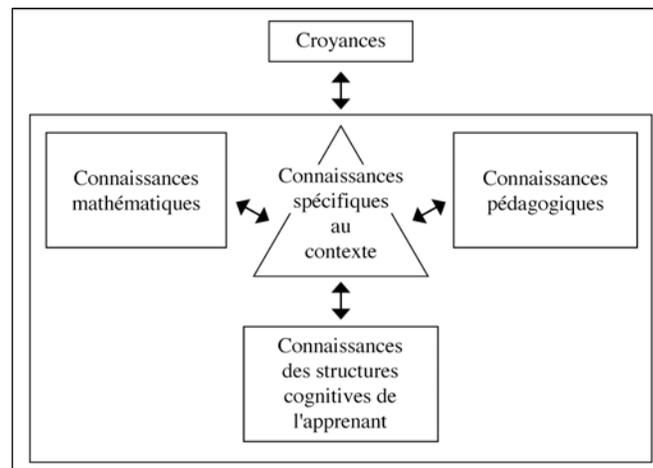
« Dans mon propos la distinction entre connaissances et savoirs restera très générale ; par savoirs je désignerai les savoirs constitués, ceux qui ont trait au projet d'enseignement, et par connaissances, ce qui relève du développement et de l'expérience, du côté du sujet donc, en-deça de toute objectivation en savoirs » (Brun, 1994, p. 70).

Ainsi, selon cet auteur, par *connaissances* on désigne ce que l'individu construit tandis que le *savoir* réfère à ce qui se trouve dans les livres ou à ce qui appartient soit à la discipline scientifique, soit à la discipline scolaire. Nous adoptons cette ligne de pensée et nous parlerons de *connaissances* pour désigner ce que les enseignantes et les enseignants doivent développer pour enseigner.

Pour Fennema et Franke (1992), les connaissances nécessaires pour enseigner les mathématiques ne se limitent pas à la maîtrise du contenu disciplinaire. En effet, elles ont proposé un modèle qui sous-tend que le savoir enseignant fait intervenir plusieurs connaissances, lesquelles se développent en contexte en interagissant les unes par rapport aux autres.

Dans ce modèle, les *connaissances mathématiques* font référence aux connaissances que les enseignantes et les enseignants doivent posséder relativement aux concepts et aux procédures mathématiques, aux stratégies de résolution de problèmes de même qu'aux liens qui existent,

d'une part, entre ces différentes composantes et, d'autre part, d'une notion mathématique à une autre. Les *connaissances pédagogiques* sont les connaissances des stratégies d'enseignement, tant aux niveaux de la planification, de la motivation des élèves que de la gestion de la classe.



(notre traduction, Fennema et Franke, 1992, p. 162)

Figure 3
Élaboration du savoir enseignant

Les *connaissances des structures cognitives de l'apprenant* concernent les connaissances qui ont rapport à la façon dont les élèves pensent, apprennent et organisent leurs apprentissages et leurs connaissances mathématiques. Comme son nom l'indique, les *croyances* réfèrent aux croyances de même qu'aux attitudes véhiculées par les enseignantes et enseignants quant à l'enseignement des mathématiques. Enfin, les *connaissances spécifiques au contexte* représentent les connaissances qui sont activées dans un contexte précis. Ainsi, selon les auteures, « Dans un contexte donné, les connaissances mathématiques de l'enseignante ou de l'enseignant interagissent avec ses connaissances pédagogiques, ses

connaissances des structures cognitives de l'apprenant et ses croyances pour créer un ensemble unique de connaissances »⁴ (p. 162).

Fennema et Franke (1992) considèrent donc que, dans son enseignement, l'enseignante ou l'enseignant doit constamment transformer l'ensemble des connaissances en jeu pour s'adapter aux événements qui se présentent de même que pour rendre ces connaissances plus accessibles aux élèves. Par exemple, il peut être question de modifier son enseignement de façon à rejoindre les capacités cognitives des élèves de la classe, ce qui fait ressortir le travail de transposition didactique qui doit être réalisé pour permettre au savoir de devenir objet d'enseignement.

Le modèle de Fennema et Franke est particulièrement intéressant puisqu'il se préoccupe de l'enfant et, comme didacticienne, nous pensons que le rôle accordé à l'enfant dans le processus d'enseignement / apprentissage est des plus importants. Cette préoccupation s'inscrit dans le paradigme épistémologique qui guide notre réflexion et qui se veut essentiellement constructiviste. Pour Jonnaert et Vander Borgh (1999), cette perspective « s'appuie sur le *double postulat* suivant : le sujet construit ses connaissances à travers *sa propre activité* ; l'objet manipulé au cours de cette activité n'est autre que *sa propre connaissance* » (p. 29-30).

Il est étonnant que la dimension didactique ne soit pas clairement évoquée dans ce modèle. Toutefois, selon nous, ce que les auteures entendent par « connaissances mathématiques » et « connaissances des structures cognitives de l'apprenant » relèvent directement de la dimension didactique. De plus, conformément à la définition retenue du concept de didactique, ce modèle met en valeur les trois composantes du triplet didactique, fait ressortir l'interaction qui s'établit entre ces composantes de même que le travail de transposition didactique qui doit être fait par l'enseignante ou l'enseignant.

Du modèle de Portugais (1995) et de celui de Fennema et Franke (1992), nous retenons des aspects dont il est important de tenir compte pour la formation des futurs maîtres. Il s'agit de la dualité que vivent les futurs enseignants et enseignantes durant leur formation universitaire

⁴ Traduction libre

ainsi que toutes les connaissances dont la maîtrise est nécessaire, pour ne pas dire essentielle, pour enseigner les mathématiques aux enfants : les connaissances mathématiques, les connaissances des structures cognitives de l'apprenant de même que le travail de transposition didactique qui doit être réalisé par l'enseignante ou l'enseignant. Nous retenons aussi les croyances véhiculées face aux mathématiques qui peuvent influencer de façon importante l'apprentissage de la didactique des mathématiques et l'enseignement de cette matière aux enfants.

Ainsi, dans le cadre de cet article, à partir de l'intégration des composantes des modèles de Portugais (1995) et de Fennema et Franke (1992), nous nous proposons d'étudier comment les futurs maîtres en fin de formation utilisent les connaissances mathématiques et didactiques abordées au cours de leur formation universitaire, en plus d'accorder une attention toute particulière au regard critique qu'ils portent à leur pratique. Nous fondons notre propos sur l'énoncé des deux questions de recherche suivantes :

- Comment sont utilisées les connaissances mathématiques et didactiques dans le cadre d'une séquence d'enseignement dispensée au terme du baccalauréat en enseignement au préscolaire et au primaire ?
- Les futurs maîtres ont-ils manifesté une réflexion critique face à leur pratique d'enseignement ?

MÉTHODOLOGIE

Pour répondre à ces questions de recherche, nous avons réalisé quatre études de cas auprès d'autant de futures enseignantes en fin de formation. Il s'agit donc d'une étude exploratoire sans intention de généralisation des résultats obtenus à quelque population de référence que ce soit.

Population et échantillon de recherche

La population visée par cette étude est donc celle des futurs enseignants et enseignantes qui ont complété leur formation académique dans le

cadre du Baccalauréat en enseignement au préscolaire et au primaire à l'Université de Sherbrooke.

L'échantillon est composé de quatre personnes qui ont été invitées à prendre part à l'étude de façon volontaire. Il s'agit donc d'un échantillon de convenance, numériquement restreint. Pour assurer une meilleure représentativité des sujets, ces personnes ont été choisies à partir des résultats obtenus à un test diagnostique dans lequel des critères sont répartis en deux catégories, les connaissances mathématiques et les attitudes véhiculées face à cette matière, marquant les différences individuelles entre les futurs enseignants et enseignantes.

En combinant ces catégories, nous avons fait ressortir quatre profils de futurs enseignants et enseignantes qui étudient à la formation des maîtres. Ces profils sont les suivants : une personne qui réussit bien en mathématiques et qui se sent prête à les enseigner aux enfants (*profil 1*) ; une personne qui réussit bien en mathématiques, mais qui se sent plus ou moins prête à enseigner cette matière aux enfants (*profil 2*) ; une personne qui réussit moins bien en mathématiques, mais qui se sent tout de même prête à les enseigner aux enfants (*profil 3*) et enfin, une personne qui réussit moins bien en mathématiques et qui, conséquemment, se sent plus ou moins prête à enseigner cette matière (*profil 4*) (Tableau 1).

Tableau 1
Profils d'étudiantes et d'étudiants de la formation des maîtres

	Profil 1	Profil 2	Profil 3	Profil 4
Maîtrise des connaissances mathématiques (+ / -)	+	+	-	-
Attitudes face aux mathématiques (+ / -)	+	-	+	-

INSTRUMENTS DE RECUEIL DES DONNÉES

Outre l'administration du test diagnostique, le recueil des données a été réalisé en trois temps. Premièrement, comme la façon la plus efficace de répondre à nos questions de recherche était d'observer nos sujets dans l'action, c'est-à-dire pendant leur enseignement, nous leur avons

demandé de préparer une séquence d'enseignement de trois leçons, couvrant si possible l'étude d'un thème particulier en mathématiques. Ces leçons ont été dispensées dans la classe de stage de chacune des futures enseignantes faisant partie de notre étude et ont été captées sur bandes vidéoscopiques. Ainsi, nous ne voulions pas seulement tenir compte de ce que les sujets savent et de ce qu'ils enseignent, mais aussi, et surtout, de comment ils enseignent, comment ils concilient tout ce qu'ils ont appris. Ils ont reçu une formation didactique à l'intérieur de laquelle ils ont été initiés à des approches pédagogiques, en plus d'avoir appris à utiliser des outils d'enseignement : nous voulions donc savoir comment ils se servent de ces éléments dans leur pratique.

Deuxièmement, nous avons demandé aux sujets de rédiger un journal de bord dans lequel, pour chacune des leçons, ils devaient consigner la préparation de la leçon, un retour sur l'intervention en classe et une réflexion sur l'action en classe. Cet instrument permettant d'obtenir des informations qui ont été rapportées durant une période rapprochée de l'action, il nous a permis de suivre pas à pas la démarche de chacun des sujets et d'accéder à des aspects, comme des impressions personnelles, que nous aurions pu difficilement détecter autrement.

Enfin, une entrevue individuelle a été réalisée avec chacun des sujets. L'entrevue débutait par le visionnement des trois leçons avec le sujet, visionnement durant lequel le sujet était invité à arrêter l'enregistrement à n'importe quel moment pour souligner un élément revêtant, selon lui, un certain intérêt au plan didactique. Ce visionnement était suivi d'une entrevue semi-structurée élaborée à partir des observations faites sur les enregistrements vidéoscopiques et le journal de bord. En plus d'amener les sujets à préciser leur pensée, cette entrevue nous a permis de confirmer ou d'infirmer les observations obtenues au moyen des deux premiers instruments de collecte des données.

PLAN D'ANALYSE

Pour déterminer la façon dont les futures enseignantes utilisent leurs connaissances mathématiques et didactiques dans leur enseignement de même que leur niveau de réflexion critique face à leur pratique, nous avons donc utilisé des données provenant des enregistrements

vidéoscopiques, du journal de bord et des entrevues individuelles. Le recours à plusieurs types de données avait pour but de vérifier si les indications de sources différentes convergent.

À l'instar de L'Écuyer (1990), l'analyse de contenu s'est effectuée à partir d'un système catégoriel émergent mixte élaboré à partir de catégories inspirées du cadre théorique et de catégories qui ont émergé du corpus de données. Trois objets d'observation ont donc été examinés : 1. Les connaissances mathématiques ; 2. Les connaissances didactiques et 3. La réflexion *dans* et *sur* l'action. Pour L'Écuyer, la souplesse du système mixte permet au chercheur de partir de catégories préexistantes et de se donner la possibilité « qu'un certain nombre d'autres catégories soient induites en cours d'analyse, soit en sus des catégories préexistantes, soit en remplacement de certaines d'entre elles » (p. 66).

PREMIER OBJET D'OBSERVATION : LES CONNAISSANCES MATHÉMATIQUES

Pour préparer et dispenser une séquence d'enseignement sur une notion donnée, il est important que le futur maître ait une bonne maîtrise des connaissances mathématiques à enseigner. Le premier objet d'observation examiné était donc les connaissances mathématiques. Par connaissances mathématiques, nous référons à tout énoncé faisant référence à l'objet de savoir. Cet énoncé peut être juste ou erroné. S'il s'avère erroné en fonction de la norme de référence en mathématiques, nous devons déterminer s'il provient d'une erreur ou d'une conception erronée.

En appliquant cette définition à l'ensemble des situations d'enseignement/apprentissage, il a été possible de porter un jugement sur la prestation de chacune des futures enseignantes au regard des connaissances mathématiques (Tableau 2).

Comme nous pouvons le constater, cette classification ne tient compte que des conceptions erronées puisque celles-ci sont plus importantes que les erreurs.

Tableau 2

Évaluation de la prestation au regard des connaissances mathématiques

+	Une prestation ne démontrant aucune difficulté concernant l'objet de savoir.
+/-	Une prestation qui démontre que l'étudiante véhicule une conception erronée concernant l'objet de savoir mathématique.
-	Une prestation qui démontre que l'étudiante véhicule plus d'une conception erronée concernant l'objet de savoir mathématique.

Comme nous pouvons le constater, cette classification ne tient compte que des conceptions erronées puisque celles-ci sont plus importantes que les erreurs.

DEUXIÈME OBJET D'OBSERVATION : LES CONNAISSANCES DIDACTIQUES

Comme deuxième objet d'observation on trouve les connaissances didactiques, lesquelles ont été examinées en fonction de deux objets d'observation secondaires : la transposition didactique et l'approche didactique utilisée.

Pour enseigner, le futur maître devrait avoir fait le travail de transposition didactique des connaissances mathématiques qui sont à enseigner. En conformité avec la définition adoptée, la transposition didactique est la capacité à transformer le savoir mathématique en objet d'enseignement, ce qui sous-entend entre autres l'habileté à établir des liens entre les différentes notions mathématiques. Dans un premier temps, nous avons donc évalué la transposition didactique en fonction de sa présence, pour ensuite juger de sa qualité à travers les deux indicateurs suivants : 1. *La justesse* : La transformation de l'objet de savoir en objet d'enseignement respecte-t-elle les spécificités de l'objet de savoir ? et 2. *La pertinence* : Cette transformation est-elle pertinente par rapport à l'objet de savoir ?

En appliquant ces indicateurs à l'ensemble des situations où il devrait y avoir transposition didactique, nous avons pu porter un

jugement sur la prestation de chacune des futures enseignantes au regard de la transposition didactique (Tableau 3).

Tableau 3
Évaluation de la prestation au regard de la transposition didactique

+	Une prestation qui démontre que le sujet sait transposer l'objet de savoir en enseignement de façon efficace, ce qui sous-tend le respect des deux indicateurs, pour toute situation qui commande une transposition didactique.
+/-	Une prestation qui démontre que le sujet connaît quelques difficultés dans la transposition de l'objet de savoir en enseignement, ce qui sous-tend que pour une situation, il ne rencontre pas un ou les deux indicateurs.
-	Une prestation qui démontre qu'à plus d'une occasion, le sujet ne fait pas la transposition de l'objet de savoir en enseignement, ce qui sous-tend que pour plusieurs situations, il ne rencontre pas un ou les deux indicateurs.

Quant à l'approche didactique, dans les cours de didactique des mathématiques offerts au Baccalauréat en enseignement au préscolaire et au primaire de l'Université de Sherbrooke, la priorité est mise sur une approche visant la construction et le développement des connaissances mathématiques par l'enfant. Comme critère d'évaluation relatif à l'approche didactique, nous trouvons donc toute manifestation qui fait référence à l'approche constructiviste. Ces manifestations peuvent être cohérentes avec le constructivisme ou venir en contradiction avec cette approche. Si tel est le cas, il faut faire la distinction entre le sujet qui vise ce mode d'enseignement/apprentissage, mais que son manque d'expérience fait qu'il ne réussit pas toujours et celui qui ne s'inscrit tout simplement pas dans cette approche.

De façon à déterminer si les sujets utilisaient une approche constructiviste des apprentissages, nous sommes partie des critères élaborés par Jonnaert et Vander Borgh (1999) et pour chacun de ces

critères, nous avons formulé une ou des questions pour les rendre plus opérationnels.

Critère 1. Qui est l'acteur de l'apprentissage ?

➤ *Le sujet construit-il des situations qui placent l'élève au centre de ses apprentissages ?*

Critère 2. L'apprenant, réalise-t-il ses apprentissages sur la base de ses propres connaissances ?

➤ *Le sujet construit-il ses situations à partir des connaissances de l'élève ?*

➤ *Le sujet suscite-t-il une activité réflexive chez l'élève ?*

➤ *Par ses interventions, le sujet accorde-t-il une place importante à l'erreur ?*

Critère 3. Quelle signification l'apprenant peut-il donner à l'apprentissage ?

➤ *Les situations d'enseignement/apprentissage sont-elles élaborées à partir de situations qui ont du sens pour les élèves ?*

➤ *Par ses interventions, le sujet favorise-t-il la compréhension des élèves ?*

En appliquant ces critères à l'ensemble des situations d'enseignement/apprentissage, il a été possible de porter un jugement sur la prestation de chacune des futures enseignantes au regard de l'approche didactique (Tableau 4).

TROISIÈME OBJET D'OBSERVATION : LA RÉFLEXION DANS L'ACTION ET SUR L'ACTION

Réflexion dans l'action : Ce type de rétroaction est une réflexion effectuée en cours de l'acte d'enseignement-apprentissage qui amène l'étudiante à apporter une modification à son action. Par exemple, l'enseignante ou l'enseignant qui a une bonne capacité de rétroaction *dans* l'action sait s'ajuster en adaptant son enseignement à la compréhension des enfants. Ainsi, comme critère d'analyse de la rétroaction *dans* l'action, nous trouvons toute manifestation qui déroge des actions initialement prévues. Toutefois, étant donné que nous n'avons pas accès à la

rétroaction comme telle, mais plutôt à l'action provoquée par cette rétroaction, notre point de départ sera les difficultés des élèves.

Tableau 4

Évaluation de la prestation au regard de l'approche didactique utilisée

+	Une prestation qui démontre que le sujet favorise une approche didactique en accord avec les trois critères de l'approche constructiviste.
+/-	Une prestation qui démontre que le sujet s'inscrit dans cette approche, mais ne réussit pas toujours, ce qui sous-tend que pour une situation, il ne rencontre pas un ou des critères.
-	Une prestation qui démontre que l'étudiante ne s'inscrit pas dans cette approche, ce qui sous-tend que pour plusieurs situations, elle ne rencontre pas un ou des critères.

Dans un premier temps, nous avons évalué la réflexion *dans* l'action en fonction de sa présence pour ensuite juger de sa qualité à travers les deux indicateurs suivants : 1. *La justesse* : La rétroaction est-elle cohérente par rapport à l'objet de savoir ? et 2. *La pertinence* : Cette rétroaction est-elle pertinente par rapport aux difficultés de l'élève ?

En appliquant ces indicateurs à l'ensemble des situations dans lesquelles il y a ou il devrait y avoir une rétroaction dans l'action, nous avons pu porter un jugement sur la prestation de chacune des futures enseignantes au regard de la réflexion dans l'action (Tableau 5).

Réflexion sur l'action : La rétroaction *sur* l'action est une rétroaction effectuée sur l'acte d'enseignement-apprentissage. Il peut y avoir des rétroactions tant pour souligner des éléments positifs que négatifs. Comme critère d'analyse de la rétroaction *sur* l'action, nous trouvons tout énoncé qui fait référence à un événement qui s'est passé en classe et qui concerne les connaissances mathématiques ou didactiques. Même si nous souhaitons que les sujets formulent des rétroactions portant sur des aspects positifs de leur enseignement, les difficultés relevées aux

Tableau 5
Évaluation de la prestation au regard de la réflexion *dans* l'action

+	Une prestation qui démontre que le sujet a été en mesure de réagir à toutes les situations le demandant, et ce dans le respect des deux indicateurs.
+ / -	Une prestation qui démontre que, pour une situation donnée, le sujet n'a pas été en mesure de réagir efficacement, ce qui sous-tend que pour cette situation, il ne rencontre pas un ou les deux indicateurs.
-	Une prestation qui démontre qu'à plus d'une occasion, le sujet n'a pas effectué de rétroaction, malgré la situation qui le demandait, ce qui sous-tend que pour plusieurs situations, il ne rencontre pas un ou les deux indicateurs.

plans mathématiques et didactiques seront notre point de départ. À ce sujet, nous devons dire qu'il aurait peut-être mieux valu prendre toutes les situations, tant positives que négatives, mais nous avons privilégié cette voie parce que, contrairement à ce que nous avons prévu, si les étudiantes ont relevé certaines de leurs réussites, elles ont davantage mis l'accent sur leurs difficultés.

Comme pour la transposition didactique, dans un premier temps, nous avons évalué la réflexion sur l'action en fonction de sa présence, pour ensuite juger de sa qualité à travers les deux indicateurs suivants :

1. *La justesse* : La rétroaction est-elle cohérente par rapport à l'objet de savoir ? et 2. *La pertinence* : Cette rétroaction est-elle pertinente par rapport à l'objet de savoir ?

En appliquant ces indicateurs à l'ensemble des situations dans lesquelles il y a ou il devrait y avoir une rétroaction sur l'action, il a été possible de porter un jugement sur la prestation de chacune des futures enseignantes au regard de la réflexion sur l'action (Tableau 6).

RÉSULTATS

Pour répondre à nos questions de recherche, les nombreuses données recueillies ont été traitées en fonction de trois objets d'observation : les

connaissances mathématiques, les connaissances didactiques de même que la réflexion *dans* et *sur* l'action. Notre but n'étant pas de comparer les différents cas à l'étude et d'en faire ressortir les processus récurrents, mais bien de rapporter des situations réelles prises dans leur contexte, nous n'avons pas voulu quantifier et comparer la réussite de chacun des cas. Nous avons tout de même fait un tableau synthèse des cas à l'étude.

Tableau 6
Évaluation de la prestation au regard de la réflexion *sur* l'action

+	Une prestation qui démontre que le sujet a su poser un regard critique sur l'ensemble de ses difficultés, tant mathématiques que didactiques, et ce dans le respect des deux indicateurs.
+ / -	Une prestation qui démontre que, pour une situation donnée, le sujet n'a pas été en mesure de poser un regard critique sur un objet mathématique ou didactique, ce qui sous-tend que pour cette situation, il ne rencontre pas un ou les deux indicateurs.
-	Une prestation qui démontre qu'à plus d'une occasion, le sujet n'a pas été en mesure de poser un regard critique sur un objet mathématique ou didactique, ce qui sous-tend que pour plusieurs situations, il ne rencontre pas un ou les deux indicateurs.

Retour sur les quatre études de cas

Les quatre études de cas nous ont permis de confirmer ce qui nous semble être un truisme, à savoir que le niveau mathématique des sujets transparait dans leur enseignement. Ainsi, les deux futures enseignantes qui réussissent bien en mathématiques n'ont pas connu de problèmes importants au niveau de l'objet d'enseignement tandis que celles qui présentent des difficultés quant à la maîtrise des connaissances mathématiques ont aussi commis des erreurs mathématiques dans l'enseignement de la ou des notions visées. Par ailleurs, il est intéressant de constater qu'indépendamment du degré de réussite en mathématiques, les quatre futures enseignantes ont éprouvé des

difficultés au plan des connaissances didactiques. Notons cependant que pour trois d'entre elles ces difficultés sont beaucoup plus marquées.

Tableau 7
Synthèse des cas en regard des trois objets d'observation

Objets d'observation <i>Profil</i>	Sujet 1 <i>Math.: +</i> <i>Attitudes: +</i>	Sujet 2 <i>Math.: +</i> <i>Attitudes: -</i>	Sujet 3 <i>Math.: -</i> <i>Attitudes: +</i>	Sujet 4 <i>Math.: -</i> <i>Attitudes: -</i>
Connaissances mathématiques	+	+	+ / -	-
Connaissances didactiques				
* <i>Transposition didactique</i>	-	+	-	-
* <i>Approche didactique</i>	+ / -	+ / -	-	+ / -
Rétroaction				
* <i>dans l'action</i>	-	+	-	+ / -
* <i>sur l'action</i>	-	+ / -	-	-

L'analyse a aussi montré que les deux étudiantes ayant affirmé ne pas se sentir tout à fait prêtes à enseigner les mathématiques aux élèves sont celles qui ont le mieux réussi au niveau de la réflexion *dans* l'action. Ainsi, peut-être que le fait qu'elles aient moins confiance en leur capacité d'enseignante les a amenées à se remettre plus facilement en question et à prendre plus de temps pour s'ajuster aux besoins des élèves. Cette variable du temps occupe d'ailleurs une dimension très importante lorsqu'on examine de plus près ce type de réflexion. En effet, les étudiantes ayant montré une moins grande capacité de réflexion *dans* l'action ont souvent évoqué le manque de temps ou la volonté « d'entrer dans son horaire » pour expliquer leur lacune.

Enfin, quant à la réflexion *sur* l'action, peu importe le profil représenté, les quatre sujets ont éprouvé des difficultés à ce niveau. Soulignons toutefois que, pour le deuxième sujet, ces difficultés se limitant presque essentiellement aux rétroactions faites par le biais du journal de bord, elles sont nettement moins importantes que pour les autres. Comme ces étudiantes n'ont pas été formées de façon formelle à

l'approche réflexive durant leur baccalauréat, il faut avouer que nous nous attendions un peu à ce résultat, qui confirme d'ailleurs les propos de Jonnaert (1995) selon lesquels la formation didactique devrait non seulement fournir des outils pédagogiques et didactiques aux futurs maîtres, mais aussi les amener à être plus critiques face à leurs apprentissages et à leur pratique.

Deux lignes directrices se dégagent clairement de l'application de ce type de réflexion. D'une part, il y a les situations sur lesquelles, de façon assez spontanée, le sujet pose un regard critique. Cette rétroaction, qui a surtout lieu lorsqu'un sujet veut souligner une bonne intervention ou dénoncer une erreur manifeste, se fait généralement par le biais du journal de bord ou encore lors du visionnement des leçons. D'autre part, il y a les situations pour lesquelles le sujet a besoin d'un élément déclencheur, comme une question d'entrevue, pour démarrer sa réflexion. Quoiqu'il en soit, nous avons constaté que pour effectuer une réflexion, qu'elle soit guidée ou non, le sujet doit posséder les outils nécessaires. Ainsi, réagir à une situation mathématique exige une bonne maîtrise des connaissances disciplinaires à enseigner : si une étudiante a fait une erreur mathématique, mais qu'elle ne sait pas qu'il s'agit d'une erreur, on ne peut pas dire qu'elle a manqué de regard critique face à cette situation qu'elle ignore.

Par ailleurs, pour qu'une étudiante puisse faire une réflexion au plan didactique, nous pensons qu'elle doit non seulement posséder de bonnes connaissances au plan didactique, mais comme ces dernières supposent entre autres la transposition du savoir mathématique en objet d'enseignement, elle doit aussi avoir une bonne maîtrise des connaissances disciplinaires impliquées. Ce constat nous oblige donc à voir d'un autre oeil les lacunes présentées quant à la réflexion *sur* l'action. En effet, comme la moitié des futures enseignantes éprouve des difficultés en mathématiques et que l'ensemble présente des problèmes au plan didactique, il n'est pas étonnant de constater qu'elles aient toutes connu des difficultés à effectuer des rétroactions tant au plan mathématique que didactique.

En plus des résultats obtenus en rapport avec chacun des trois objets d'observation, l'analyse des cas à l'étude a aussi montré que certains éléments sont récurrents d'un sujet à l'autre et ce, malgré le fait qu'ils

représentent des profils différents. Nous avons premièrement remarqué que l'enseignement des futures enseignantes prenant part à l'étude est souvent centré sur les évaluations qu'elles ont toutes, à un moment ou un autre, évoquées. Elles se fient donc grandement sur les évaluations à venir et on pourrait même dire que c'est ce qui guide leurs préparations de classe. Cette façon d'agir ne nous surprend pas puisqu'il s'agit souvent de la conduite que les futurs enseignants et enseignantes adoptent pour eux-mêmes. En effet, dans les cours à la formation des maîtres, il n'est pas rare de se faire demander si telle ou telle notion est importante ou encore, si elle sera soumise à une évaluation. Ce qui nous étonne est bien plus de voir que, malgré l'importance accordée à cet aspect de l'enseignement, une seule des quatre étudiantes a prévu évaluer de façon systématique les apprentissages des élèves au terme de la séquence d'enseignement.

L'analyse nous a également permis de constater que les sujets sont souvent centrés sur une approche ludique où la gestion et l'organisation des activités prennent le pas sur la démarche et le contenu. Ainsi, ils ont tendance à vouloir créer des leçons qui sortent de l'ordinaire en inventant des jeux et en utilisant les activités les plus accrocheuses de plusieurs manuels. Bien que le tout donne souvent lieu à des leçons qui suscitent l'intérêt des élèves, celles-ci comportent des lacunes importantes au plan didactique. En effet, une activité amusante pour les enfants n'est pas automatiquement valable au plan didactique et ce, surtout si elle est utilisée sans égard aux intentions pédagogiques et didactiques du guide pédagogique.

Ce qui précède nous amène à penser que, lorsque le futur maître aborde une notion pour la première fois, il devrait s'appuyer sur un matériel qui a fait ses preuves, ce qui lui donnerait l'occasion d'expérimenter l'enseignement de la notion en question. Cette façon de procéder lui permettrait par la suite de choisir, à la lumière de ce qui a fonctionné ou non et au fur et à mesure que son savoir d'expérience se construit, sa propre manière d'aborder telle ou telle notion.

Cependant, il ne faudrait pas penser que nous encourageons les futurs maîtres à utiliser un matériel sans poser de regard critique sur ce qui est proposé. Prenons comme exemple l'étudiante qui a connu l'expérience la plus positive parmi nos quatre sujets. Cette dernière est la

seule à avoir suivi à la lettre le matériel pédagogique de la collection utilisée par son enseignant-associé, ce qui ne l'a pas empêchée de se questionner sur la validité des activités présentées. Qui plus est, en passant moins de temps à créer du matériel, cette pratique lui a peut-être permis de consacrer plus d'énergie au plan didactique.

À l'instar de Bednarz, Gattuso et Mary (1996), Foss et Kleinsasser (1996) et de Kagan (1992), qui a présenté une recension d'écrits mettant en valeur le fait que les programmes de formation ont peu d'impact sur les représentations que les futurs maîtres se sont construites, nous avons remarqué que trois des quatre sujets ont des procédures mathématiques tellement ancrées qu'ils ont de la difficulté à prendre une distance par rapport à ces procédures pour adapter leur enseignement au niveau des enfants. À titre d'exemples, notre deuxième sujet n'a pu se détacher de la procédure avancée qui consiste à extraire la racine cubique pour expliquer aux enfants que les trois mesures de longueur du cube sont identiques. Ce qui est intéressant est que cette procédure est si solidement enracinée que, même avec du matériel, elle essaie de la reproduire. De même, notre premier sujet a utilisé la symbolisation associée à l'algorithme de division pour illustrer mathématiquement des divisions de petits nombres. À la lumière des résultats de cette étude, nous sommes donc aussi portée à conclure que les représentations construites antérieurement ont beaucoup d'influence sur l'apprentissage et l'enseignement des futurs maîtres.

CONCLUSION

Il est assez étonnant de constater que des étudiantes qui sont sur le point de terminer un baccalauréat en enseignement au préscolaire et au primaire, et donc de détenir un brevet d'enseignement, montrent tant de lacunes aux plans mathématique et didactique. Même si le problème peut prendre son origine dans une formation déficiente en mathématiques, il est tout de même alarmant qu'on ne vienne pas à bout de ces difficultés dans le cadre du baccalauréat.

À la lumière des résultats de cette étude, un des aspects fondamentaux de la formation didactique serait donc d'amener les étudiantes et étudiants à intégrer leurs connaissances mathématiques et didactiques en enseignement. Ces résultats viennent donc renforcer les

pratiques déjà en place à la formation des maîtres. En effet, que ce soit par le biais des cours de didactique, où l'on tente d'intégrer les savoirs et les savoirs-faire de façon à établir le transfert des connaissances à la classe d'enseignement, ou par le biais des stages de formation pratique, où l'on tente de trouver des moyens de développer des habiletés pédagogiques tout en transférant les connaissances didactiques disciplinaires apprises dans les cours, des efforts considérables sont réalisés. Toutefois, les résultats obtenus confirment l'importance de développer de nouvelles avenues en ce sens.

De même, s'il est essentiel d'amener le futur maître à intégrer ses connaissances mathématiques et didactiques en enseignement, un autre aspect qui ne doit pas être négligé dans la formation didactique des futurs enseignants et enseignantes est celui de la réflexion critique que ceux-ci doivent développer face à leurs apprentissages et à leur pratique. Encore une fois, il ne faudrait pas négliger les efforts déjà entrepris par les formatrices et les formateurs d'enseignantes et d'enseignants pour amener les étudiantes et étudiants à développer cette compétence critique, qui devient indispensable dans l'optique d'une formation professionnelle où le futur maître joue un rôle dynamique et contribue activement au développement de ses connaissances et compétences nécessaires pour enseigner. Toutefois, les résultats à cette étude montrent que ces efforts devraient être déployés de façon encore plus systématique.

RÉFÉRENCES

- Arsenault, C. et Voyer, D. (2003). Une démarche d'auto-évaluation au service de l'actualisation des savoirs mathématiques dans le cadre de la formation à l'enseignement. In Association francophone internationale de recherche scientifique en éducation (AFIRSE) et Ministère de l'Éducation Nationale (dir), *Former les enseignants et les éducateurs- une priorité pour l'enseignement supérieur*. Actes du Colloque de l'AFIRSE organisé par la Commission nationale française pour l'UNESCO. Mai 2003
- Astolfi, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF éditeur.
- Bachelard, G. (1993). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin. (Première édition :1938)

- Baturo, A. et Nason, R. (1996). Student teachers subject matter knowledge within the domain of area measurement. *Educational studies in mathematics*, 31(3), 235-268.
- Bauersfeld, H. (1994). Réflexions sur la formation des maîtres et sur l'enseignement des mathématiques au primaire. *Revue des sciences de l'éducation*, XX(1), 175-198.
- Bednarz, N. Gattuso, L. et Mary, C. (1995). Formation à l'intervention d'un futur enseignant en mathématiques au secondaire. *Bulletin de l'association mathématique du Québec (AMQ)*, 35(1), 17-30.
- Brousseau, G. (1983). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 4(2), 165-198.
- Brun, J. (1994). Évolution des rapports entre la psychologie du développement cognitif et la didactique des mathématiques. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde et P. Tavnogot (dir.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France. Hommage à Guy Brousseau et Gérard Vergnaud* (p. 67-83). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Charnay, R. (1996). *Pourquoi des mathématiques à l'école ?* Paris : ESF éditeur.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Cornell, C. (1999). I hate math ! I couldn't learn it, and I can't teach it ! *Childhood education*, 75(4), 225-230.
- Faingold, N. (1996). Du stagiaire à l'expert : Construire les compétences professionnelles. In L. Paquay, M. Altet, E. Charlier et Ph. Perrenoud (dir.), *Former des enseignants professionnels. Quelles stratégies ? Quelles compétences ?* (p. 137-152). Bruxelles : De Boeck.
- Fennema, E. et Franke, M.L. (1992). Teachers' knowledge and its impact. In D.A. Grouws (dir.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (p. 147-164). New York [NY] : The National Council of Teachers of Mathematics.
- Fischbein, E., Deri, M., Nello, M.S. et Marino, M.S. (1985). The role of implicit models in solving problems in multiplication and division. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16(1), 3-17.
- Foss, D.-H. et Kleinsasser, R.-C. (1996). Preservice elementary teachers' views of pedagogical and mathematical content knowledge. *Teaching and teacher education*, 12(4), 429-442.

- Graeber, A.O., Tirosh, D. et Glover, R. (1989). Brief reports : Preservice teachers' misconceptions in solving verbal problems in multiplication and division. *Journal for Research in Mathematics Education*, 20(1), 95-102.
- Gellert, U. (2000). Mathematics instruction insafe space : Prospective elementary teachers' views of mathematics education. *Journal of mathematics teacher education*, 3, 251-270.
- Joshua, S. et Dupin, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : Presses universitaires de France.
- Jonnaert, Ph. (1995). Quels référents pour une formation didactique des enseignants ? Réflexions et questions. *Cahiers du CIRID*. France : Université de Strasbourg.
- Jonnaert, Ph. et Vander Borght, C. (1999). *Créer des situations d'apprentissage. Un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*. Bruxelles : De Boeck.
- Kagan, D. (1992). Professional growth among preservice and beginning teachers. *Review of Educational Research*, 62(2), 129-169.
- L'Écuyer, R. (1990). *Méthodologie de l'analyse développementale de contenu: méthode GPS et concept de soi*. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Ma, L. (1999). *Knowing and teaching elementary mathematics : Teachers' understanding of fundamental mathematics in China and the United States*. Hillsdale [NJ] : Lawrence Erlbaum Associated.
- Morin, M.-P. (2003). *Enseigner les mathématiques au primaire : le quoi ou le comment ?* Québec : Éditions Bande didactique.
- Morris, H. (2001). Issues raised by testing primary teachers' mathematical knowledge. *Mathematics teacher education and development*, 3, 37-47.
- Nesher, P. (1987). Toward instructional theory : The role of student's misconceptions. *For the Learning of Mathematics*, 7(3), 33-40.
- Paquay, L. (1994). Vers un référentiel des compétences professionnelles de l'enseignant. *Recherches et formation*, 16, 7-33.
- Paquay, L. et Wagner, M.-C. (1996). Compétences professionnelles privilégiées dans les stages et en vidéo-formation. In L. Paquay, M. Altet, E. Charlier et Ph. Perrenoud (dir.), *Former des enseignants professionnels. Quelles stratégies ? Quelles compétences ?* (p. 153-179). Bruxelles : De Boeck.

- Perrenoud, Ph. (1994). *La formation des enseignants entre théorie et pratique*. Paris : L'Harmattan.
- Philippou, G. et Christou, C. (1998). The effects of a preparatory mathematics program in changing prospective teachers' attitudes towards mathematics. *Educational studies in mathematics*, 35, 189-206.
- Portugais, J. (1995). *Didactique des mathématiques et formation des enseignants*. Berne : Peter Lang.
- Putt, I.J. (1995). Preservice teachers ordering of decimal numbers : When more is smaller and less is larger ! *Focus on learning problems in mathematics*, 17(3), 1-15.
- Sanders, S.E. et Morris, H. (2000). Exposing student teachers' content knowledge : empowerment or debilitation ? *Educational studies*, 26(4), 397-408.
- Schön, D. A. (1987). *Educating the reflective practitioner, towards a new design for teaching and learning in the profession*. San Francisco [CA] : Jossey Bass.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner*. New York [NY] : Basic Books.
- Schuck, S. (1997). Using a research simulation to challenge prospective teachers' beliefs about mathematics. *Teaching and teacher education*, 13 (5), 529-539.
- Schuck, S. (1996). Chains in primary teacher mathematics education courses : An analysis of powerful constraints. *Mathematics Education Research Journal*, 8(2), 119-136.
- Stacey, K., Helme, S., Steinle, V., Baturo, A., Irwin, K. et Bana, J. (2001). Preservice teachers' knowledge of difficulties in decimal numeration. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 4, 205-225.

Marie-Pier Morin est professeure agrégée à la Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke. Elle s'intéresse à l'émergence des compétences didactiques au regard des mathématiques chez les futurs enseignantes et futurs enseignants du primaire.

Marie-Pier Morin is a professor at the Faculty of education, Sherbrooke University. Her main research interest lies on the development of the didactic competences in mathematics by the preservice elementary teachers.