UQAR

Université du Québec
à Rimouski

L'EFFET D'UNE INTERVENTION AXÉE SUR L'ENSEIGNEMENT DES INFÉRENCES SUR L'ÉCART ENTRE LES ÉLÈVES FAIBLES ET LEURS PAIRS EN RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ÉCRITS DE MATHÉMATIQUES

Mémoire présenté

dans le cadre du programme de maîtrise en éducation

en vue de l'obtention du grade de maître ès arts

PAR

© ALEXANDRA AUCLAIR

Février 2017

Composition du jury :

Virginie Martel, présidente du jury, Université du Québec à Rimouski

Dominic Voyer, directeur de recherche, Université du Québec à Rimouski

Viktor Freiman, examinateur externe, Université de Moncton

Dépôt initial le 15 août 2016 Dépôt final le 28 février 2017

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier mon directeur de recherche, M. Dominic Voyer, sans qui ce travail n'aurait pas été possible. Merci pour tout ce que tu m'as apporté ces deux dernières années.

Je remercie également les membres du jury, M. Viktor Freiman et Mme Virginie Martel, pour leurs commentaires permettant de bonifier ce travail.

Je tiens aussi à remercier les organismes subventionnaires, le CRSH et le FRQSC, qui m'ont permis de me consacrer pleinement à mes études.

Merci aux élèves ayant participé à ce projet. Vous êtes mon inspiration quotidienne.

Finalement, un merci tout spécial à ma famille pour le soutien et les encouragements. Merci de croire en moi. Vous êtes ce que j'ai de plus précieux.

RÉSUMÉ

L'écart entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs s'agrandit en contexte de résolution de problèmes écrits mathématiques. Ces élèves les plus faibles auraient particulièrement de la difficulté à créer des représentations justes des problèmes, ce qui nuit à la compréhension qu'ils s'en font. L'habileté à émettre des inférences jouerait un rôle essentiel dans la création des représentations mentales inhérentes à la compréhension et serait liée au rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques.

Dans cette étude, une intervention axée sur l'enseignement des inférences a été mise en place. Notre objectif était de vérifier l'effet de cette intervention sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs. En ciblant spécifiquement un élément qui serait à l'origine de ce décalage encore plus marqué entre les élèves les plus faibles en mathématiques et les autres, notre hypothèse était que le rendement des élèves les plus faibles pourrait se rapprocher de celui de leurs pairs en contexte de résolution de problèmes écrits de mathématiques. Un devis quasi expérimental avec groupes témoin et expérimental a été utilisé. Les 270 élèves de quatrième année formant l'échantillon ont été testés sur leur rendement en résolution de problèmes écrits avant et après l'intervention. Seul le groupe expérimental a reçu l'intervention qui s'étalait sur une période de six semaines, à raison de deux ateliers d'une heure par semaine.

Les résultats suggèrent que ce sont plutôt les élèves de niveau faible à moyen qui ont le plus profité de l'intervention. En effet, seuls les élèves de niveau faible à moyen du groupe expérimental se sont démarqués significativement de leurs pairs du groupe témoin suite à l'intervention.

Mots clés : résolution de problèmes écrits, difficultés en mathématiques, inférences, compréhension, intervention

ABSTRACT

In the context of word problem solving, the achievement gap between the weakest students in mathematics and their peers gets bigger. Those weakest students would particularly have difficulties at creating mental representations which are essential to comprehension. The ability to make inferences would be crucial in creating those representations. It would also be directly linked to word problem solving achievement.

An intervention directed toward teaching inference skills was elaborated. Our main objective in this study was to evaluate the effect of the intervention on word problem solving achievement gap between the weakest children in mathematics and their peers. Considering the fact that those children would specifically have difficulties at creating those essential representations to comprehension, our hypothesis was that they'd benefit more from the intervention than their peers. The achievement gap would then be reduced between the two groups. We used a quasi-experimental research design. 270 fourth graders were tested on their word problem solving achievement before and after intervention. The experimental group received the intervention which took the form of 60-min sessions, twice a week, for a total of 12 sessions.

Results suggest that students who benefited the most from this intervention are the average-achieving ones. The only statistical difference in word problem solving achievement was observed with this subgroup of the sample.

Key Words : word problem solving, mathematics difficulties, inference skills, comprehension, intervention.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

Notre projet se situe dans le large domaine de la recherche en didactique des mathématiques. Nous nous intéressons plus spécifiquement à un des aspects central associé aux mathématiques : la résolution de problèmes. La résolution de problèmes revêt une importance particulière dans les curriculums scolaires. Au Québec, elle se présente à la fois comme une compétence disciplinaire en mathématiques et comme une compétence transversale (Ministère de l'Éducation du Québec, 2006). Apprendre à résoudre des problèmes prépare les élèves à faire face à d'éventuels obstacles dans leur vie personnelle (Lesh et Zawojewski, 2007; Schoenfeld, 1992), d'où son importance dans les apprentissages scolaires. Cette activité des mathématiques n'est pas tâche facile étant donné toutes les habiletés qu'elle demande à l'élève de mettre en place pour parvenir à une solution (Kroesbergen et Van Luit, 2003). Les problèmes présentés aux élèves le sont surtout sous la forme écrite (Carter et Dean, 2006; Jitendra, Scezniak et Deatline-Buchman, 2005). Si la résolution de problèmes écrits est une activité difficile pour la plupart des élèves, elle l'est d'autant plus pour les plus faibles en mathématiques. En effet, ces élèves se démarqueraient encore davantage de leurs pairs en contexte de résolution de problèmes écrits (Jordan et Hanich, 2000).

Notre projet se place plus précisément dans une perspective d'intervention auprès des élèves les plus faibles en mathématiques pour réduire leurs difficultés à résoudre des problèmes écrits. Ces élèves auraient de la difficulté à se faire une compréhension juste des problèmes qui leur sont présentés (Krawec, 2014). Comprendre un énoncé *écrit* requiert nécessairement des habiletés en lecture. Parmi ces habiletés, celle de faire des inférences est liée au rendement en résolution de problèmes écrits (Voyer, Beaudoin et Goulet, 2012) et joue un rôle important dans le processus de compréhension d'un énoncé écrit (Kintsch et Greeno, 1985).

Afin d'étudier le lien entre l'habileté à faire des inférences dans un texte et le rendement des élèves en résolution de problèmes écrits de mathématiques, une intervention axée sur l'enseignement des inférences a été élaborée. Dans le cadre de cette étude, notre objectif était de vérifier l'effet de cette intervention sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs. Puisque les élèves les plus faibles auraient particulièrement de la difficulté à comprendre les problèmes, notre hypothèse était que l'intervention leur serait davantage profitable et qu'elle permettrait ainsi de réduire l'écart qui les sépare de leurs pairs plus forts en mathématiques.

Nous avons eu recours à un devis quasi expérimental avec groupes témoin et expérimental. Au total, 270 élèves de quatrième année de la Commission scolaire des Navigateurs ont fait partie de l'étude. Un questionnaire a été complété par les élèves avant et après l'intervention. Seul le groupe expérimental a vécu les 12 ateliers d'une heure répartis en deux ateliers par semaine sur six semaines. L'échantillon a été divisé en trois sous-groupes selon le niveau d'habiletés en mathématiques : les élèves les plus faibles, les élèves de niveau faible à moyen et les élèves les plus forts. Des analyses statistiques ont été menées afin de vérifier l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes écrits de chacun des sous-groupes d'élèves.

Ce projet s'ajoute aux études s'intéressant aux liens entre la lecture et la résolution de problèmes écrits mathématiques et à celles proposant des interventions pour venir en aide aux élèves faibles en mathématiques. Il s'agit d'utiliser les connaissances récemment développées dans le premier champ pour ajouter au second. Effectivement, l'habileté à émettre des inférences est une habileté en lecture qui a été liée au rendement en résolution de problèmes écrits. Connaissant le rôle de cette habileté dans la compréhension et sachant que les élèves les plus faibles auraient avantage à recevoir des interventions les aidant à comprendre les énoncés écrits, il nous apparaissait justifié d'utiliser ces résultats récents dans une visée d'intervention auprès des élèves les plus faibles en mathématiques. Ce projet est original au sens où à ce jour et à notre connaissance, aucune étude n'a porté sur l'impact d'une intervention axée sur l'enseignement des inférences sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits entre les élèves les plus faibles et leurs pairs.

Le présent mémoire se divise en cinq chapitres. Dans le chapitre 1, la problématique ainsi que l'objectif de recherche seront présentés. Le chapitre 2 présentera le cadre de référence. La méthode utilisée pour atteindre l'objectif fera l'objet du troisième chapitre. Finalement, les résultats des analyses seront présentés puis discutés dans les chapitres 4 et 5, respectivement.

CHAPITRE 1
PROBLÉMATIQUE

Dans cette première section, l'énoncé de la problématique et le problème de recherche qui en découle sont d'abord présentés. L'objectif et l'hypothèse de recherche sont ensuite énoncés, suivie de la pertinence (sociale et scientifique) du projet.

En dotant les élèves d'outils qui leur seront utiles pour faire face à de nouvelles situations et en contribuant à faire de ces élèves des penseurs flexibles et critiques, les mathématiques ont un rôle depuis longtemps reconnu dans la formation de la société (National Council of Teachers of Mathematics, 2014; Schoenfeld, 1992). La société technologique actuelle requiert de plus en plus des élèves qu'ils maîtrisent un niveau d'habiletés mathématiques leur permettant d'assurer leur développement personnel et professionnel (Jolivette *et al*., 2006; Moran *et al.*, 2014).

Un des aspects central associé à la réussite en mathématiques est assurément la résolution de problèmes (Carter et Dean, 2006; Jitendra, Sczesniak et Deatline-Buchman, 2005; Schoenfeld, 1992). L'élève se trouve devant un problème lorsqu'il doit atteindre une solution, qu'il a les connaissances pour y parvenir, mais que, d'emblée, il ne sait pas comment faire pour y arriver (Hayes, 1989; Poirier, 2001). Autrement dit, lorsque nous sommes devant une situation, que nous avons un objectif à atteindre, qu'il y a un écart entre où nous sommes et où nous voulons être, que nous devons mettre en place des processus cognitifs conscients et contrôlés pour parvenir à notre objectif, nous nous trouvons devant un problème (Davidson et Sternberg, 1998).

La résolution de problèmes dote les élèves d'outils pour faire face à d'éventuels obstacles et permet le développement de la pensée (Lesh et Zawojewski, 2007; Schoenfeld, 1992). Il s'agit d'une habileté essentielle au développement personnel et professionnel des élèves (Rotherham et Willingham, 2010). Il n'est donc pas étonnant qu'elle transcende les matières en étant au cœur des programmes scolaires. C'est le cas au Québec alors qu'elle est considérée non seulement comme une compétence disciplinaire en mathématiques, mais aussi comme une compétence transversale à développer (Ministère de l'Éducation du Québec, 2006). Aux États-Unis, le NCTM (National Council of Teachers of Mathematics, 2014) y accorde une place centrale dans ses principes devant guider les interventions en mathématiques.

Or, la résolution de problèmes est une activité loin d'être aisée pour les élèves de façon générale (Lupien, 2010). Selon les résultats obtenus par des élèves de 13 ans au Programme pancanadien d'évaluation (PPCE), seulement 54% atteignent le niveau 3 qui se caractérise par la capacité de « choisir les procédures ou les stratégies appropriées pour résoudre un problème (…) [de] représenter un problème de différentes manières et [de] raisonner de façon originale pour le résoudre » (Office de la qualité et de la responsabilité en éducation, 2011, p.11).

Si la résolution de problèmes est une habileté qui est difficile de façon générale pour les élèves, elle l'est d'autant plus pour les élèves les plus faibles en mathématiques : ces derniers sont particulièrement faibles en résolution de problèmes écrits mathématiques, même lorsque les habiletés calculatoires sont contrôlées (Andersson, 2008; Fuchs et Fuchs, 2002; Jordan et Hanich, 2000). L'écart au niveau du rendement entre les élèves sans difficulté et ceux les plus faibles en mathématiques s'accentue donc pendant cette activité des mathématiques. Cette constatation est d'autant plus inquiétante étant donné le rôle que joue la résolution de problèmes dans le développement personnel et professionnel futur des élèves.

Ce qui rend la résolution de problèmes si ardue, c'est qu'elle requiert des élèves qu'ils recourent à leurs connaissances de base en mathématiques en plus de savoir quand et comment les utiliser (Kroesbergen et Van Luit, 2003). L'utilisation de ces connaissances et habiletés se fait également au cours d'un processus pour lequel Polya (1945) a décrit quatre phases : comprendre, faire un plan, exécuter le plan et vérifier la solution. Bien que souvent interprété comme étant simple et linéaire, le processus décrit par Polya (1945) est un processus complexe et itératif. Une des étapes qui rend la tâche particulièrement difficile est celle de la compréhension (Cummins *et al*., 1988). La compréhension que se fait l'élève du problème est depuis longtemps reconnue comme étant directement liée à la solution qu'il y donnera : la mauvaise solution qu'un élève peut donner à un problème est souvent, en fait, la bonne solution qui correspond à la compréhension qu'il s'en est faite (Cummins *et al*., 1988). L'élève doit donc arriver à une compréhension juste du problème s'il veut mettre en marche un processus de résolution qui lui permette d'arriver à une bonne solution (Krawec, 2014).

1.1 LE PROCESSUS DE COMPRÉHENSION D'UN PROBLÈME ÉCRIT MATHÉMATIQUE

En classe, les problèmes à résoudre sont surtout présentés sous la forme écrite (Carter et Dean, 2006; Jitendra, Sczezniak et Deatline-Buchman, 2005). Cette réalité de la classe ajoute une difficulté particulière au sens où il doit y avoir transformation d'une représentation externe, l'énoncé (et les schémas s'il y a lieu), en des représentations internes. Il s'agit là d'un processus itératif de construction de représentations mentales. C'est ce processus qui constitue l'étape de la compréhension en résolution de problèmes écrits (Andre, 1986; Hegarty et Mayer, 1992).

Selon Kintsch et Greeno (1985), Reusser (1990) et Kintsch (1998), le processus de compréhension d'un problème écrit mathématique peut se diviser en trois niveaux de représentations : la base de texte, le modèle de problème et le modèle de situation. La *base de texte* est la transformation du texte en une série de propositions déjà explicites dans l'énoncé. L'élève fait des liens entre ces différentes propositions et ses propres connaissances sur la situation qui y est présentée pour créer le *modèle de problème*. Ce deuxième niveau de représentation est le modèle mathématique. L'élève organise les données numériques, en tenant compte des liens entre les variables du problème, dans le but précis de répondre à la question (Kintsch et Greeno, 1985). La figure 1 montre un exemple de ce à quoi pourraient ressembler les deux premiers niveaux de représentations du problème donné en exemple.

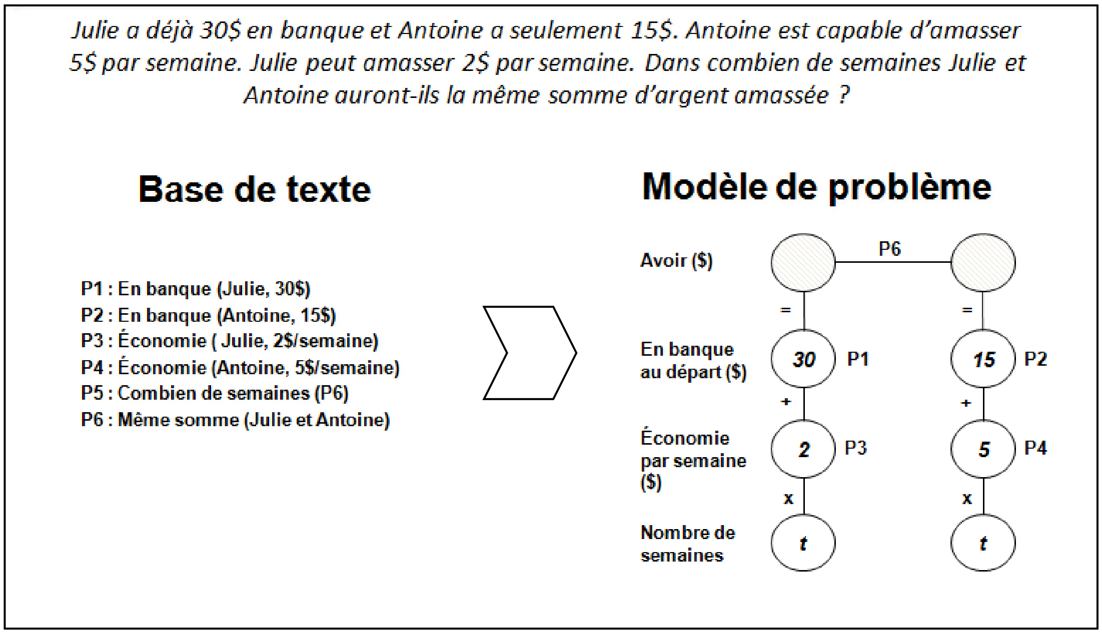

Figure 1: Deux niveaux de représentations d'un problème écrit d'arithmétique
Source : Voyer et Goulet, 2013.

Le *modèle de situation* est une étape intermédiaire entre la base de texte et le modèle de problème. Il s'agit d'une représentation davantage qualitative de la situation (Reusser, 1990). Ce modèle se définit comme l'union de la base de texte et des inférences nécessaires à une interprétation personnelle et plus riche du texte (Kintsch, 1998). En permettant à l'élève, à partir de ses connaissances sur la situation, de combler les vides pouvant se retrouver dans l'énoncé, ce modèle intermédiaire facilite la création du modèle de problème (Fagnant, Demonty et Lejong, 2003; Reusser, 1990). Dans l'exemple de la figure 1, le modèle de situation pourrait apporter la connaissance suivante : plus quelqu'un économise, plus il amasse de l'argent. Cette connaissance générale sur la situation aide à opérationnaliser les données numériques. Ainsi, la compréhension d'un problème écrit passe par la création itérative de représentations regroupées en trois niveaux qui se complètent l'un et l'autre : la base de texte, le modèle de situation et le modèle de problème.

Que ce soit pour créer le modèle de situation ou le modèle de problème, l'élève devra faire des liens entre les informations données dans l'énoncé et ses connaissances : il devra faire des inférences (Kintsch et Greeno, 1985; Reusser, 1990). L'élève génère des inférences lorsque, à partir du texte et de ses propres connaissances, il déduit des informations qui ne sont pas explicites dans le texte (Giasson, 2003). Les inférences sont essentielles à la construction des représentations mentales et donc à la compréhension (Davoudi, 2005; Falardeau, 2003; Giasson, 2003). Faire des inférences jouerait ainsi notamment un rôle à l'étape du processus de résolution de problèmes qui rend la tâche particulièrement ardue, soit l'étape de la compréhension.

Cette habileté en lecture a d'ailleurs récemment été identifiée comme étant directement liée au rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques (Voyer, Beaudoin et Goulet, 2012). En effet, si les liens mathématiques-lecture en contexte de résolution de problèmes écrits mathématiques sont depuis longtemps étudiés (Carter et Dean, 2006; Laflamme, 2009; Muth, 1984; Sovik, Frostad et Heggberget, 1999; Vilenius-Tuohimaa, Aunola et Nurmi, 2008), des recherches actuelles tentent d'identifier des habiletés spécifiques en lecture qui pourraient être la cible d'interventions en résolution de problèmes écrits mathématiques (Boonen *et al*., 2013; Fuchs *et al*., 2006; Imam, Abas-Mastura et Jamil, 2013; Kyttälä et Björn, 2014). Dans cette lignée de travaux, l'étude de Voyer, Beaudoin et Goulet (2012) avait pour but d'identifier des habiletés spécifiques en lecture qui puissent être des indicateurs du rendement en résolution de problèmes mathématiques. Les auteurs de cette étude ont montré que, parmi d'autres habiletés en lecture, l'habileté à émettre des inférences était l'habileté la plus corrélée positivement à la résolution de problèmes (Voyer, Beaudoin et Goulet, 2012).

Le lien entre cette habileté en lecture et le rendement en résolution de problèmes n'est pas étonnant étant donné que faire des inférences est nécessaire à la création de toutes les représentations internes essentielles à la compréhension d'un énoncé de problème écrit et que la compréhension que se fait l'élève d'un énoncé est directement liée à la solution qu'il y donnera (Cummins *et al*., 1988).

1.2 LE CAS DES ÉLÈVES LES PLUS FAIBLES EN MATHÉMATIQUES

Une hypothèse pour expliquer que l'écart entre les élèves les plus faibles et leurs pairs s'agrandit en contexte de résolution de problèmes viendrait du fait que les élèves qui sont les plus faibles en mathématiques auraient, entre autres, une plus faible mémoire de travail que leurs pairs (De Weerdt, Desoete et Roeyers, 2013). La mémoire de travail permet d'emmagasiner des informations pendant le processus de résolution de problèmes pour éventuellement faire des liens et construire les représentations inhérentes à la compréhension du problème (Swanson et Beebe-Frankenberger, 2004). Ces élèves auraient particulièrement de la difficulté à construire leurs représentations d'un problème (Krawec, 2014; van Garderen et Montague, 2003; van Garderen, Scheuermann et Jackson, 2012), ce qui nuit à la compréhension qu'ils s'en font. La difficulté particulière des élèves les plus faibles en mathématiques se situerait donc à l'étape de la compréhension, étape qui est la plus déterminante de la solution. Par ailleurs, une étude a montré que les élèves ayant des difficultés sévères en mathématiques seraient faibles à une tâche nécessitant de générer des inférences. Il y aurait ainsi un lien entre une faible capacité à faire des inférences et les difficultés éprouvées en mathématiques (Morsanyi *et al.*, 2013). Si faire des inférences est essentiel à la création des représentations inhérentes à la compréhension, il n'est pas étonnant que les élèves les plus faibles en mathématiques éprouvent des difficultés à créer ces représentations.

Ainsi, la résolution de problèmes revêt une importance particulière dans les curriculums, il s'agit d'une habileté difficile pour les élèves et l'étape de la compréhension rend la tâche particulièrement ardue. De plus, l'habileté à émettre des inférences serait intimement liée au rendement en résolution de problèmes écrits et serait notamment impliquée dans la construction des représentations mentales inhérentes à la compréhension de l'énoncé écrit. Sachant que l'écart entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs s'agrandit en contexte de résolution de problèmes écrits et que ces élèves auraient une difficulté particulière à se représenter mentalement les problèmes et à générer des inférences, comment pouvons-nous intervenir auprès de ces élèves qui sont les plus faibles en mathématiques afin de réduire l'écart qui les sépare de leurs pairs dans cette activité des mathématiques?

1.3 INTERVENTIONS AUPRÈS DES ÉLÈVES LES PLUS FAIBLES EN MATHÉMATIQUES

De nombreuses études ont porté sur la caractérisation des difficultés en mathématiques, notamment sur les caractéristiques cognitives des élèves faibles en mathématiques et sur leurs habiletés au niveau de différents contenus scolaires (Anderson, 2008; Bartelet *et al*., 2014; Cirino *et al*., 2015; Compton, 2012; Cowan et Powell, 2014; De Weerdt, Desoete et Roeyers, 2013; Fuchs et Fuchs, 2002; Jordan et Hanich, 2000). Les résultats de ces travaux ont, entre autres, montré que les élèves avec des difficultés en mathématiques étaient particulièrement faibles en résolution de problèmes écrits, comparés à leurs pairs sans difficulté (Fuchs et Fuchs, 2002; Jordan et Hanich, 2000; Shin et Bryant, 2015). D'autres études ont maintenant pour but d'identifier les interventions qui pourraient être les plus profitables à ces élèves faibles en mathématiques pour améliorer leur rendement en résolution de problèmes.

Une première conclusion de ces travaux est que l'enseignement explicite, soit un enseignement transparent et structuré de stratégies et de procédures (Boyer, 1993, p.27), s'illustre comme étant particulièrement efficace auprès de cette clientèle (Zheng, Flynn et Swanson, 2013). En ce qui concerne le contenu à privilégier, il est recommandé d'enseigner à ces élèves des stratégies générales qui leur permettent de réduire la charge sur leur mémoire de travail pendant le processus de résolution de problèmes (Barouillet *et al*., 2007). À cet effet, une avenue empruntée par plusieurs chercheurs est l'enseignement de stratégies cognitives (Pfannenstiel *et al*., 2015; Seo et Bryant, 2012; Swanson, Orosco et Lussier, 2014).

Une stratégie cognitive qui s'est avérée particulièrement bénéfique est le *schema-based instruction*. Cette intervention vise à enseigner aux élèves à apprendre certains types de problèmes, à les reconnaître dans un énoncé écrit et à appliquer la solution qui correspond à ce type de problème pour arriver à une réponse. Cette intervention s'est avérée efficace auprès des élèves en difficulté d'apprentissage (Fuchs *et al*., 2004; Jitendra et Star, 2011; Xin, Jitendra et Deatline-Buchman, 2005). Une alternative qui serait encore plus prometteuse au *schema-based instruction* est le *schema-broadening instruction*. Inspirée de la première, la seconde inclut une étape supplémentaire, soit celle de favoriser le transfert à d'autres problèmes (Fuchs *et al*., 2008). Cette étape supplémentaire consiste à enseigner de façon explicite aux élèves de quelles façons un problème dont ils connaissent la structure pourrait être perçu comme étant différent à cause, par exemple, d'informations superflues dans l'énoncé ou d'un changement de place de l'inconnu dans l'opération. Il s'agit donc de montrer aux élèves des variantes aux problèmes dont ils connaissent la structure. Les résultats d'une métaanalyse ayant recensé les interventions faites auprès des élèves à risque et des élèves en difficulté en mathématiques entre les années 1996 et 2009 ont identifié les interventions misant sur un enseignement explicite des schémas de problèmes comme étant en haut de la liste des interventions les plus efficaces auprès des élèves faibles en mathématiques (Zhang et Xin, 2012).

Par contre, l'enseignement explicite, bien que permettant un apprentissage efficace de procédures, ne favoriserait pas une compréhension conceptuelle des notions, ce qui limiterait le transfert à d'autres contextes (Kapur, 2014; Schwartz *et al*., 2011). Devant un problème similaire conceptuellement, mais différent en surface, l'élève ayant reçu un enseignement explicite serait désavantagé par rapport à un élève qui a reçu un enseignement lui permettant de comprendre en profondeur le concept abordé. Les élèves ayant reçu un enseignement explicite sont donc moins propices à transférer leurs connaissances à d'autres contextes (Schwartz *et al.*, 2011). Ce type d'enseignement entraînerait également un désengagement de l'élève dans la tâche (Ewing, 2011) : celui-ci ne ferait qu'appliquer ce qu'il vient d'apprendre, sans chercher à comprendre plus en profondeur ce qu'il fait.

Devant ces limites, il convient de se demander si un enseignement explicite de stratégies de type *schema-based* permet une réelle compréhension des problèmes par les élèves ou s'il ne permet pas davantage de les rendre meilleurs dans l'application d'une procédure. Pour éviter cette dérive, Krawec (2014) suggère que l'habileté à se représenter mentalement les problèmes soit plutôt enseignée de façon générale pour que l'élève puisse l'appliquer à n'importe quel type de problème et non pas qu'il soit limité à certains types seulement. Sachant que l'habileté à émettre des inférences joue un rôle clé dans la construction de ces représentations mentales, il paraît intéressant et pertinent de se demander si cette habileté pourrait être la cible d'une intervention plus générale permettant d'aider les élèves faibles en mathématiques à générer les représentations qu'ils se font des problèmes.

1.4 PROBLÈME DE RECHERCHE

Il est connu que l'écart entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs s'agrandit en contexte de résolution de problèmes écrits mathématiques. Ces élèves les plus faibles auraient de la difficulté à créer des représentations justes des problèmes. Une telle difficulté entraverait une étape fondamentale de la résolution, soit celle d'avoir une compréhension adéquate du problème. Les études faites pour intervenir auprès des élèves les plus faibles en mathématiques misent sur un enseignement explicite de schémas de problèmes. Toutefois, ce type d'intervention ne favoriserait pas le transfert dans d'autres contextes et dans d'autres problèmes. Certains, dont Krawec (2014), suggèrent plutôt que l'habileté à se représenter les problèmes soit enseignée de façon plus générale pour que l'élève soit en mesure de comprendre n'importe quel type de problème.

Par ailleurs, l'habileté à faire des inférences serait une habileté essentielle à la construction des représentations mentales inhérentes à la compréhension. Il s'agit d'une habileté en lecture qui a été liée au rendement en résolution de problèmes écrits. Un lien aurait également été établi entre de faibles habiletés à faire des inférences et de faibles habiletés en mathématiques. Le fait de travailler l'habileté à faire des inférences pourrait-il, en aidant les élèves les plus faibles en mathématiques à construire leurs représentations mentales des problèmes, constituer une intervention plus générale permettant de réduire l'écart qui sépare ces élèves de leurs pairs dans la tâche de résolution de problèmes?

Pour répondre à cette question, le présent projet s'appuie sur des études, telles celles de Voyer, Beaudoin et Goulet (2012) et d'Imam, Bastura et Jamil (2013), qui ont montré le lien entre l'habileté à émettre des inférences et le rendement en résolution de problèmes écrits. Il s'appuie également sur des études ayant montré que les élèves les plus faibles en mathématiques auraient particulièrement de la difficulté à créer leurs représentations mentales des problèmes (Krawec, 2014; van Garderen et Montague, 2003; van Garderen, Scheuermann et Jackson, 2012) et qu'ils seraient faibles à une tâche nécessitant de générer des inférences (Morsanyi *et al.*, 2013). Cette étude plus spécifiquement cherche à vérifier l'effet d'une intervention axée sur l'enseignement des inférences sur le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques. Puisque l'habileté à émettre des inférences est essentielle dans la construction des représentations du problème, nous croyons que notre intervention aidera particulièrement les élèves les plus faibles en mathématiques à se construire une meilleure représentation du problème. Leur rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques sera ainsi amélioré.

1.5 QUESTION DE RECHERCHE

Plus précisément, notre question de recherche est donc la suivante :

« Quel est l'effet d'une intervention axée sur l'enseignement des inférences sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs? »

Nous avons pour hypothèse que l'intervention proposée réduira l'écart entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs en contexte de résolution de problèmes mathématiques. L'intervention pourra venir en aide à tous les élèves, mais sera selon nous particulièrement profitable aux élèves les plus faibles de l'échantillon. En effet, ces élèves auraient surtout de la difficulté à construire leurs représentations mentales des énoncés et l'habileté à émettre des inférences jouerait un rôle clé à ce niveau.

1.6 PERTINENCES SOCIALE ET SCIENTIFIQUE

Le Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport veut la réussite de tous les élèves dans un contexte d'intégration scolaire (MELS, 2011) : cette intervention en est une qui pourrait être favorable autant aux élèves ayant des difficultés en mathématiques qu'aux autres élèves. Les élèves éprouvant des difficultés en mathématiques pourraient avoir des limitations d'un point de vue professionnel étant donné les demandes grandissantes du marché du travail en lien avec les mathématiques (Goupil, 2007; OCDE, 2014). S'ils s'améliorent en résolution de problèmes mathématiques, un des aspects central aux habiletés mathématiques, nous pourrions contribuer à les aider à rattraper leur retard par rapport à leurs pairs.

D'un point de vue scientifique, notre recherche s'ajoutera aux études ayant porté sur la recherche d'interventions pour venir en aide aux élèves faibles en mathématiques en contexte de résolution de problèmes écrits. Les interventions qui sont faites auprès de la clientèle visent déjà à travailler les représentations que ces élèves se font des problèmes. L'intervention proposée dans cette étude pourrait en être une plus générale qui permette de faciliter la construction d'un modèle de situation pertinent lors de la résolution de différents types de problèmes écrits mathématiques, tel que suggéré par Krawec (2014). Nous croyons que de travailler l'habileté à émettre des inférences en lecture pourrait avoir un effet sur le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques, mais aussi sur la compréhension de textes, deux habiletés de base à l'école. En ce sens, notre étude s'ajoutera également aux nombreuses recherches s'intéressant au lien entre les mathématiques et la lecture en précisant ce lien.

CHAPITRE 2
CADRE DE RÉFÉRENCE

Ce chapitre présentera les différents concepts auxquels nous réfèrerons dans cette étude. Nous définirons d'abord la notion de problème et comment elle est abordée en classe. Nous nous concentrerons plus spécifiquement sur le problème écrit d'arithmétique et sur le processus de résolution de ces problèmes. Nous présenterons ensuite un modèle de compréhension du problème écrit et une habileté essentielle à la compréhension : l'habileté à émettre des inférences.

2.1 LA RÉSOLUTION DE PROBLÈMES MATHÉMATIQUES

2.1.1 DÉFINITION DE LA NOTION DE PROBLÈME

Avant de décrire le processus de résolution d'un problème mathématique, il convient de définir ce qu'est un problème. Deux éléments font généralement consensus parmi les définitions d'un problème : l'idée que la solution n'est pas connue d'emblée et l'idée de défi raisonnable. L'élève fait face à un problème lorsqu'il ne sait pas comment franchir l'écart entre où il est et où il veut être (Hayes, 1981; 1989). Mayer (2010) parle plutôt d'obstacles à franchir pour passer d'un état d'une situation à un autre. Dans les deux cas, l'élève veut atteindre un certain objectif, une solution qu'il ne connaît pas d'emblée. Pour l'atteindre, il devra enclencher un processus cognitif conscient (Davidson et Sternberg, 1998).

L'idée de défi raisonnable rapporte au fait que, pour que ce soit un problème, l'élève doit avoir les connaissances nécessaires pour parvenir à une solution (Poirier, 2001). Ainsi, il n'y a pas problème lorsque l'élève connaît d'emblée la solution, sans avoir à y réfléchir, tout comme il n'y a pas problème lorsque l'élève n'a pas les connaissances et habiletés requises pour franchir l'écart.

La définition de Willoughby (1990) rejoint bien les deux éléments de la définition d'un problème. L'auteur définit le problème comme une situation devant laquelle l'élève a un objectif à atteindre, qu'il y a des obstacles à l'atteinte de cet objectif, mais que l'élève possède les connaissances et la motivation nécessaires pour franchir ces obstacles et atteindre l'objectif qu'il s'est fixé (Willoughby, 1990). Ainsi, ce qui est un problème pour un élève n'en sera pas nécessairement un pour un autre élève. Le problème se distingue de l'exercice pour lequel l'élève n'aura qu'à utiliser une connaissance ou mettre en application une procédure qu'il choisit rapidement en lisant la situation.

2.1.2 LE PROCESSUS DE RÉSOLUTION DE PROBLÈME

La résolution d'un problème se fait par un processus non séquentiel à plusieurs étapes. Polya (1945) a décrit quatre phases: comprendre, faire un plan, exécuter le plan et vérifier la solution. Les travaux de Polya ont marqué le domaine. D'autres auteurs s'en sont par la suite inspirés. Verschaffel, Greer et De Corte (2000) ont séparé le processus de résolution d'un problème en cinq phases : comprendre la situation, la modéliser, en faire une analyse mathématique, interpréter la réponse obtenue et la communiquer. Mayer (1985; 2010) a décrit deux processus impliqués dans la résolution de problèmes écrits mathématiques : le processus de compréhension, soit la représentation du problème; et le processus de solution, qui inclut la planification, l'exécution et la vérification d'une solution.

Un modèle récemment développé par Polotskaia (2014) abonde dans ce sens. À partir d'observations d'élèves de 2e année résolvant des problèmes écrits sur le thème de l'addition, l'auteure schématise le processus de résolution de problèmes écrits en y incluant les étapes suivantes : représentation mentale, modèle mathématique, plan de calcul, résultat numérique et interprétation du résultat numérique (Polotskaia, 2014). Dans ce modèle récent, la représentation mentale est liée au contexte social et culturel de l'élève alors que le modèle mathématique, lui aussi lié au contexte socio-culturel, dépend du contexte mathématique. L'élève expert passe du texte à une représentation mentale de la situation qu'il modélise mathématiquement avant d'en venir à un plan de solution, puis à une réponse numérique. Il interprète sa réponse numérique à partir de sa représentation mentale initiale (Polotskaia, 2014).

Tous ces auteurs s'entendent pour dire que la compréhension occupe une place centrale dans le processus de résolution. En classe, les problèmes sont surtout présentés sous la forme écrite (Carter et Dean, 2006). Ce qui suit concernera donc les problèmes écrits plus spécifiquement.

2.2 MODÈLE DE COMPRÉHENSION DES PROBLÈMES ÉCRITS MATHÉMATIQUES

Plusieurs auteurs se sont intéressés au processus de compréhension d'un problème écrit mathématique. Kintsch et Greeno (1985) se sont inspirés du modèle de compréhension en lecture élaboré par van Dijk et Kintsch (1983) pour créer un modèle de compréhension des problèmes écrits d'arithmétique. Leur modèle a deux composantes : la base de texte et le modèle de problème. La première composante est elle-même constituée de deux niveaux : la microstructure et la macrostructure. L'élève organise d'abord l'énoncé en une série de propositions distinctes en suivant l'ordre de présentation de chaque proposition dans le texte (microstructure). Toutes les informations y sont. L'élève fait ensuite des liens entre les propositions pour dégager les idées essentielles du texte (macrostructure). Ce deuxième niveau de la base de texte est une structure hiérarchique du texte qui en présente l'idée générale. La deuxième composante du modèle de Kintsch et Greeno (1985) est le modèle de problème. À partir de la base de texte, l'élève sélectionne les informations qui lui seront utiles pour résoudre le problème et exclut celles qui ne lui serviront pas. Il devra aussi recourir à ses connaissances en mathématiques pour inférer les informations qu'il lui manque pour résoudre le problème. L'élève organise toutes ces informations sous une forme qui lui permettra d'appliquer ses stratégies de calcul : le modèle de problème. Toutes ces représentations créées par l'élève au cours du processus de compréhension le sont de façon itérative. Mayer (1985) distingue deux étapes au processus de compréhension des problèmes écrits : la traduction de chaque phrase en une représentation interne et l'intégration des représentations formées pour chaque phrase en une structure cohérente. Ces deux phases pourraient être comparées à la microstructure et à la macrostructure du modèle de Kintsch et Greeno (1985), ce qui montre une certaine cohérence entre les définitions des modèles de compréhension.

En 1990, Reusser suggère que le modèle de Kintsch et Greeno (1985) peut être utilisé par le solutionneur expert, mais que, pour le débutant, il est difficile de passer de la base de texte au modèle de problème directement. Selon l'auteur, l'élève doit se faire une compréhension de la situation qualitative décrite dans le problème s'il veut créer le modèle de problème. Il propose donc un niveau intermédiaire entre la base de texte et le modèle de problème : un modèle de situation non mathématique. Le modèle de Reusser (1990), qui concerne également les problèmes écrits d'arithmétique, comprend ainsi plusieurs niveaux : la structure propositionnelle, la représentation « épisodique » de la situation (compréhension de la situation) et le modèle de problème mathématique. Si le premier niveau est l'équivalent de la base de texte du modèle de Kintsch et Greeno (1985), le second niveau est un ajout par rapport au modèle de 1985. À ce niveau, l'élève se crée un modèle mental de la situation décrite en allant au-delà de l'énoncé, c'est-à-dire en recourant également à ses propres connaissances sur la situation. Ce deuxième niveau est ensuite réduit à sa forme mathématique abstraite : l'élève fait des liens entre les données du problème pour en extraire un modèle mathématique, le modèle de problème. C'est à partir de ce troisième niveau que l'élève choisira une opération, résoudra l'équation pour, finalement, en arriver à une réponse à la question de départ.

Nathan, Kintsch et Young (1992) ont eux aussi mis en évidence la place du modèle de situation dans le processus de compréhension d'un problème écrit en affirmant que la compréhension d'un problème écrit n'est pas possible si l'élève ne fait pas de liens entre sa compréhension de la situation qualitative décrite et l'aspect plus formel des problèmes, soit les équations. Le modèle de situation est essentiel à la création du modèle de problème et les deux niveaux coexisteraient en résolution de problèmes écrits mathématiques (Moreau et Coquin-Viennot, 2003). En 1998, Kintsch inclut le modèle de situation dans son modèle de compréhension. Le modèle de compréhension du problème écrit arithmétique auquel nous référerons dans le cadre de cette recherche comprend ainsi trois niveaux qui peuvent être décrits de la façon suivante (voir figure 2) :

1) La base de texte : le lecteur sépare le texte (l'énoncé) en propositions distinctes (microstructure), puis les organise pour en ressortir les idées essentielles (macrostructure);

2) Le modèle de situation : il s'agit d'une représentation qualitative de la situation décrite créée à partir de la base de texte. L'élève se trouve à reformuler la base de texte en ses propres mots et à ajouter, si nécessaire, des informations pour combler les « trous ». Il le fera en utilisant ses propres connaissances sur la situation et en générant des inférences. À ce niveau, l'élève a une image mentale de la situation qui ne comprend pas encore de données numériques (Nathan, Kintsch et Young, 1992).

3) Le modèle de problème : L'élève recourt à ses connaissances mathématiques et tient compte des données numériques et des relations entre ces données pour créer une représentation quantitative de la situation. Cette représentation est formelle. Lorsque les liens entre les données ne sont pas explicites, l'élève les infère.

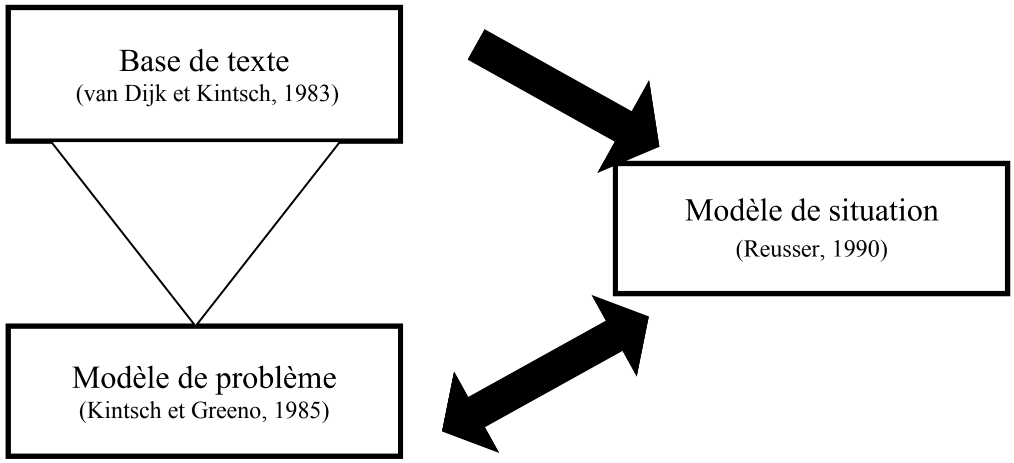

Figure 2: Schéma représentant un modèle de compréhension de problèmes écrits mathématiques

La figure 2 présente une flèche à double sens entre le modèle de problème et le modèle de situation. L'élève utilise le modèle de situation pour créer le modèle de problème tout comme il se sert du modèle de problème pour bonifier sa représentation qualitative de la situation (Nathan, Kintsch et Young, 1992). Tel que mentionné dans les descriptions, pour passer d'un niveau de représentation à l'autre, l'élève a besoin de faire des inférences (Kintsch et Greeno, 1985; Nathan, Kintsch et Young, 1992; Reusser, 1990). Cette habileté occupe un rôle important dans la compréhension d'un problème écrit et sera définie dans la section suivante.

Les chercheurs qui s'intéressent à la compréhension des problèmes écrits mathématiques réfèrent, encore aujourd'hui, aux travaux précurseurs dans le domaine de Kintsch et Greeno (1985; Fagnant, Demonty et Lejong, 2003; Fuchs *et al.*, 2015). Dans cette étude, nous référons au modèle de Kintsch et Greeno (1985) en y ajoutant, tel que suggéré par d'autres auteurs (Nathan, Kintsch et Young, 1992; Reusser, 1990) et réaffirmé par Kintsch (1998), le modèle de situation (voir figure 2).

2.3 LES INFÉRENCES

Tel que mentionné précédemment, les inférences jouent un rôle important dans le processus de compréhension d'un problème écrit mathématique (Kintsch et Greeno, 1985; Nathan, Kintsch et Young, 1992; Reusser, 1990). Bien qu'il soit reconnu que faire des inférences est une habileté essentielle à développer dans toutes les matières scolaires (Bintz *et al.*, 2012), c'est principalement en lecture qu'il en est question.

Pour juger de l'habileté en lecture des élèves, deux types de questions sont généralement utilisées par les enseignants pour évaluer la compréhension: les questions de repérage et les questions d'inférences (Giasson, 2003). Les questions de repérage évaluent la compréhension littérale en demandant à l'élève de retrouver une information écrite dans le texte (Bowyer-Crane et Snowling, 2005; Cain et Oakhill, 1999; Giasson, 2003). Les réponses aux questions d'inférences, qui évaluent la compréhension inférentielle, ne se retrouvent pas directement dans le texte : elles y sont implicites. En effet, l'habileté à générer des inférences se définit comme la capacité de faire des liens entre les informations du texte et ses propres connaissances pour déduire des informations implicites au texte (Cain, 2010; Giasson, 2003; Kispal, 2008). Faire des inférences et comprendre un texte sont intimement liés : l'habileté des élèves à inférer prédit leur compréhension en lecture (Cain, Oakhill et Bryant, 2004). Les questions d'inférence sont plus difficiles que les questions de repérage (Cain et Oakhill, 1999). L'habileté à émettre des inférences a aussi un rôle reconnu dans le processus de compréhension d'un problème écrit (Kintsch et Greeno, 1985; Reusser, 1990) en plus d'être liée au rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques (Imam, Mastura et Jamil, 2013; Voyer, Beaudoin et Goulet, 2012).

Il existe plusieurs types d'inférences. Les inférences peuvent être faites pendant et après la lecture (inférences *on-line*/*off-line*). Elles peuvent être générées pour créer une représentation globale du texte ou pour créer une représentation d'une partie du texte en particulier (inférences globales/locales). Dans les écrits scientifiques, il n'y a pas de consensus à ce sujet : les auteurs ont défini différents types d'inférences qu'ils ont classées en différentes catégories (Kispal, 2008). À titre d'exemple, une classification récente est celle de Dupin de St-André (2011), adaptée de la classification de Bianco et Coda (2002). L'auteure distingue les inférences nécessaires des inférences optionnelles, mais ajoute aussi une troisième catégorie qui inclut les inférences qui sont nécessaires ou optionnelles selon le contexte (Dupin de St-André, 2011). Les inférences nécessaires, contrairement aux inférences optionnelles, sont nécessaires à la compréhension du texte. Les inférences optionnelles permettent un enrichissement de la compréhension. Chacune de ces trois catégories sont ensuite séparées en deux à trois types d'inférences. Les inférences nécessaires peuvent être anaphoriques, causales ou lexicales selon qu'elles réfèrent à un pronom, à un lien de causalité entre des informations du texte ou qu'elles permettent de déduire la signification d'un mot non familier. Les inférences optionnelles sont pragmatiques ou prédictives selon qu'elles permettent de faire des hypothèses par rapport au texte ou par rapport à ce qui risque d'arriver dans la suite du texte. Finalement, les inférences optionnelles ou nécessaires selon le contexte peuvent être de différents contenus selon qu'elles réfèrent à un sentiment, au temps ou autres; ou logiques si elles permettent de conclure quelque chose de certain par rapport au texte (Dupin de St-André, 2011).

Une autre classification, certes moins récente, est celle de Baker et Stein (1981). Ces auteurs ont décrit deux catégories générales d'inférences : les inférences de type *text-connecting* et les inférences de type *gap-filling* (Baker et Stein, 1981).

Le lecteur fait une inférence de type *text-connecting* lorsqu'il déduit une nouvelle information en faisant des liens entre des informations qui sont éparses dans le texte. Le lecteur relie donc des informations explicites du texte pour inférer une nouvelle information. Ces inférences permettraient d'avoir une compréhension cohérente du texte (Giasson, 2011). Par exemple:

> Marc et Antoine ont huit billes. Leur père leur en donne deux autres. Combien les frères en ont-ils ensemble? *Text-connecting* : Marc et Antoine sont des frères.

Pour faire cette inférence, l'élève a fait des liens entre les informations qui lui ont été données dans le texte. Le lecteur fait une inférence de type *gap-filling* lorsqu'il déduit une nouvelle information en faisant des liens entre des éléments du texte et ses propres connaissances, comblant ainsi un « trou » (Baker et Stein, 1981; Cain et Oakhill, 1999; Kispal, 2008). Par exemple:

> La couleur préférée de Marie est celle du soleil. (…) Son collier est de sa couleur préférée. *Gap-filling* : Le collier de Marie est jaune.

Pour inférer la couleur du collier de Marie, le lecteur a fait des liens entre des informations qui lui ont été fournies en plus de recourir à ses connaissances générales. Dans ce cas-ci, la connaissance requise était : le soleil est jaune. Les inférences de type *gap-filling* seraient plus difficiles à faire que celles de type *text-connecting* (Bowyer-Crane et Snowling, 2005). Certaines de ces inférences faisant intervenir les connaissances générales de l'élève sont essentielles à la compréhension alors que d'autres ne sont pas nécessaires et ne font qu'enrichir la représentation mentale que se fait l'élève du texte (Bowyer-Crane et Snowling, 2005).

Notre étude s'inscrit à la suite de celle de Voyer, Beaudoin et Goulet (2012). La classification utilisée par ces auteurs, soit celle de Baker et Stein (1981), sera ainsi retenue. Bien que non récente, cette classification est toujours utilisée aujourd'hui. Elle l'est notamment dans une synthèse récente portant sur les interventions faites pour enseigner les inférences auprès des élèves en difficulté (Hall, 2015). Ces deux catégories, en étant plus larges, recouvrent notamment celles décrites par Dupin de Saint-André (2011) en ce sens qu'elles concernent la façon dont les inférences sont faites et non pas l'information qu'elles permettent d'obtenir.

Ces deux types d'inférences, *gap-filling* et *text-connecting*, seront donc utilisés dans notre projet : ils seront exploités lors de l'élaboration de l'intervention et dans la conception des instruments de mesure.

CHAPITRE 3
MÉTHODOLOGIE

Dans ce chapitre, nous présenterons la méthode utilisée pour atteindre l'objectif de recherche qui était le suivant : vérifier l'effet d'une intervention axée sur l'enseignement des inférences sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs. Ce chapitre se divise en cinq sections : (1) l'approche méthodologique; (2) les sources de données; (3) l'outil et la stratégie de collecte de données; (4) la procédure d'analyse de données; (5) les limites de l'étude.

3.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'intervention dont il est question dans ce mémoire a été élaborée dans le cadre d'un projet de recherche plus large ayant des objectifs autres. L'objectif du mémoire était de vérifier l'effet de cette intervention sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs. Plus précisément, la question de recherche était la suivante :

> « Quel est l'effet d'une intervention axée sur l'enseignement des inférences sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs? »

Puisque nous voulions vérifier une hypothèse, nous avons adopté une approche méthodologique quantitative caractérisée par une méthode déductive (Savoie-Zajc et Karsenti, 2004). Plus précisément, notre protocole de recherche a suivi un modèle quasi expérimental : un groupe expérimental et un groupe témoin ont été soumis à un test avant (pré-test) et après (post-test) une intervention. Seul le groupe expérimental a reçu l'intervention (voir tableau 1). Notre choix méthodologique est cohérent avec notre objectif de recherche. En effet, il s'agissait de vérifier les effets d'une intervention sur l'écart au niveau du rendement des élèves. Pour ce faire, nous avons obtenu des scores que nous avons comparés à l'aide de tests statistiques.

Tableau 1: Devis de recherche utilisé

Groupes	Pré-test	Intervention	Post-test
Expérimental	X	X	X
Témoin	X		X

3.2 SOURCES DE DONNÉES

3.2.1 POPULATION ET PROCÉDURE D'ÉCHANTILLONNAGE

Pour former l'échantillon, nous avons utilisé une méthode d'échantillonnage dite non aléatoire. Un courriel présentant le projet a été envoyé à toutes les directions des écoles primaires de la commission scolaire des Navigateurs. Les directions intéressées ont transféré le message aux enseignant(e)s de quatrième année de leur école. Douze enseignant(e)s nous ont récrit pour nous signifier leur intérêt à prendre part au projet. Les sujets constituant notre échantillon ont donc été les élèves de ces enseignants. Étant donné l'âge des participants, leur consentement a été appuyé par un consentement parental. En cas de refus du parent ou de non remise du formulaire de consentement, l'occupation de l'élève a été laissée à la discrétion de l'enseignant(e) au cours de l'intervention et de la passation des tests. Les questionnaires de ces élèves, lorsque remplis, ont été rejetés.

3.2.2 CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

L'échantillon se composait de 270 élèves de 4e année âgés de 9 à 10 ans de la commission scolaire des Navigateurs. Le choix du niveau scolaire a été fait considérant que c'est à partir de la quatrième année que la stratégie d'inférence est surtout travaillée, que les élèves à ce stade ont été en contact avec certains types de texte (narratif et informatif) et que les énoncés écrits qui leur sont présentés sont assez longs. Les 12 classes ont été réparties en deux groupes : cinq classes ont fait partie du groupe expérimental et sept classes ont fait partie du groupe témoin. Le nombre plus élevé de classes témoins peut être expliqué par le fait que trois classes faisant partie du projet et étant de la même école ont été considérées comme un seul groupe. En effet, un programme mis en place dans cette école pour deux de leurs classes de quatrième année drainait les élèves les plus forts dans les classes dudit programme, rendant la 3e classe plus faible. Pour rendre le groupe représentatif des élèves de cette école, nous avons donc considéré les trois classes comme un tout. Les écoles impliquées dans le projet étaient toutes comparables d'un point de vue socioéconomique (IMSE entre 1 et 3; Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015).

3.2.2.1 SOUS-GROUPE D'INTÉRÊT : LES ÉLÈVES LES PLUS FAIBLES EN MATHÉMATIQUES

Pour répondre à notre question de recherche, nous avons comparé les élèves les plus faibles en mathématiques de l'échantillon à leurs pairs. En nous intéressant aux élèves les plus faibles en mathématiques, nous devions tenir compte de deux éléments importants. D'une part, les définitions de ces élèves varient d'un ouvrage à l'autre. En nous intéressant aux élèves les plus faibles, nous incluons: les élèves à risque, les élèves en difficulté d'apprentissage et les élèves présentant un trouble d'apprentissage, précisément en mathématiques.

Le document ministériel « L'organisation des services éducatifs aux élèves à risque et aux élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage (EHDAA) » (MELS, 2007) présente une distinction entre les élèves dits « à risque » et les élèves en difficulté d'apprentissage. Les élèves à risque ne font pas partie des élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation et d'apprentissage (EHDAA). Ce sont des élèves qui présentent certains facteurs pouvant éventuellement les mettre en situation d'échec scolaire ou en difficultés au niveau social. Les élèves en difficulté d'apprentissage sont ceux qui, malgré les mesures d'aide mises en place, ne sont pas parvenus à satisfaire aux exigences minimales en français et/ou en mathématiques (MELS, 2007). En ce qui concerne les troubles d'apprentissage, le MELS (2007) n'en tient pas compte dans son document devant orienter les services éducatifs aux EHDAA. Cela dit, dans les écrits en anglais, une distinction claire est faite entre les élèves qui ont des difficultés en mathématiques (*mathematic difficulties*) et ceux qui ont des troubles d'apprentissage en mathématiques (*mathematic disabilities*). En plus d'inclure le second groupe d'élèves, le premier groupe inclut les élèves qui ont des difficultés pour lesquelles des facteurs environnementaux (l'environnement familial ou l'école, par exemple) sont en cause (Mazzocco, 2007). Ce premier groupe s'assimile selon nous aux élèves en difficultés d'apprentissage décrits par le MELS (2007). Le second groupe est limité aux élèves qui ont des difficultés causées par des déficits cognitifs précis (la dyscalculie, par exemple) (Mazzocco, 2007). Nous référons, dans ce travail, aux élèves les plus faibles de l'échantillon en mathématiques au regard du rendement, sans tenir compte de la présence de troubles cognitifs précis. Selon les définitions du MELS (2007), nous incluons les élèves à risque et les élèves en difficulté d'apprentissage en mathématiques. Selon les écrits en anglais, nous référons à la catégorie plus large des difficultés en mathématiques (*mathematic difficulties*).

D'autre part, les auteurs qui se sont intéressés aux élèves en difficulté d'apprentissage ont utilisé des critères variés pour recruter leurs participants (Powell *et al*., 2009). Des études se sont fiées aux faibles résultats obtenus (généralement sous le 25^{e} ou le 40^{e} percentile) à des tests évaluant le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques (Fuchs, Fuchs et Compton, 2013; Moran *et al*., 2014; Swanson, Lussier et

Orosco, 2015). Ce critère étant celui le plus couramment retrouvé dans les études auxquelles nous faisons référence dans ce travail, c'est ce critère qui a été retenu. Afin de cibler les élèves les plus faibles de l'échantillon, mais de tout de même garder une puissance statistique, nous avons choisi d'utiliser le 33^{e} percentile. Ce choix nous a permis de séparer l'échantillon en trois sous-groupes sensiblement de même taille : les élèves les plus faibles, les élèves de niveau faible à moyen et les élèves les plus forts. Les élèves qui ont obtenu les résultats les plus faibles à notre test de mathématiques (voir section 3.3.2) ont été considérés comme étant les élèves les plus faibles en mathématiques de l'échantillon. Pour nos analyses, les élèves les plus faibles en mathématiques ont donc été ceux de l'échantillon qui avaient obtenu un score inférieur ou égal au 33^{e} percentile à notre test de mathématiques. Ce choix représente certainement une limite à l'étude puisqu'un autre choix aurait pu mener à des résultats différents de ceux qui ont été obtenus lors des analyses.

3.3 L'OUTIL ET LA STRATÉGIE DE COLLECTE DE DONNÉES

3.3.1 INTERVENTION

Le projet s'est déroulé sur une période de neuf (9) semaines, du 9 mars au 8 mai 2015. Au cours des semaines un et neuf, un questionnaire a été passé à tous les élèves. C'est au cours des semaines deux à quatre et des semaines six à huit que l'intervention a eu lieu. Lors de ces semaines, la chercheuse s'est rendue dans chacune des cinq classes expérimentales à deux reprises pour animer deux ateliers de 60 minutes chacun. Au total, 12 ateliers ont été vécus avec les élèves du groupe expérimental (voir tableau 2).

L'objectif de l'intervention était de développer l'habileté à générer des inférences chez les élèves. Pour ce faire, nous avons amené les élèves à se poser des questions, à émettre des hypothèses en les impliquant directement dans la lecture de textes narratifs prenant la forme d'enquêtes imaginées pour l'intervention. Les textes narratifs ont été utilisés puisqu'ils sont plus propices à la génération d'inférences, étant plus près de la vie des élèves en général (Graesser, Singer et Trabasso, 1994 cité dans Jimenéz-Fernandéz, 2015).Ces textes étaient tous liés au thème général suivant : Monsieur Z., un enquêteur, est débordé de travail. Il a besoin d'apprentis enquêteurs pour l'aider à résoudre ses enquêtes.

Dans le cadre de cette intervention, le thème de l'enquêteur a été utilisé. Ce thème n'est pas exclusif à ladite intervention : on y recourt fréquemment pour enseigner les inférences. Il permet d'illustrer ce qu'un lecteur expert fait pour inférer : il utilise des informations explicites dans le texte (« des indices ») et parfois ses connaissances générales pour déduire des informations implicites (« trouver le coupable »). Jimenéz-Fernandéz (2015) présente d'ailleurs une façon d'améliorer l'habileté à inférer d'élèves faibles qui consiste en une stratégie de détective : encercler les indices dans le texte permettant de répondre aux « questions de détectives » (les questions d'inférences).

Dans notre projet, à chaque atelier, une enquête a été réalisée par les élèves et ceux-ci en tiraient une leçon. Ces leçons devenaient à la longue les quatre stratégies d'un bon enquêteur. Ces quatre stratégies, toutes liées à la production d'inférences, étaient au cœur de l'intervention : (1) (l'importance de) faire des inférences; (2) sélectionner les inférences les plus importantes; (3) ne pas sauter trop vite aux conclusions (c'est-à-dire accumuler suffisamment d'indices avant d'affirmer une hypothèse, pour justifier l'inférence); (4) se poser les bonnes questions (pour faire les bonnes inférences).

Ces quatre stratégies ressortent des études ayant porté sur les interventions pour enseigner les inférences. Dans une synthèse portant sur les interventions faites pour enseigner aux élèves faibles en lecture, il ressort que de demander aux élèves d'identifier les indices dans le texte ainsi que de leur montrer à faire des liens entre leurs connaissances et les indices du texte est une façon efficace de montrer aux élèves à faire des inférences (Hall, 2015). Poser des questions d'inférences aux élèves lors de la lecture de textes et les amener à verbaliser de quelle façon ils en sont arrivés à une réponse est aussi une voie prometteuse pour enseigner les inférences (Richards et Anderson, 2003). Dupin de Saint-André (2011) soulève d'ailleurs qu'impliquer les élèves dans les discussions à propos des textes qu'ils lisent est une voie à privilégier à cette fin. Les douze ateliers de l'intervention s'inspirent des conclusions de ces travaux. Ils seront présentés à travers l'explicitation des quatre stratégies d'enquêteur (voir tableau 2).

1) (L'importance de) faire des inférences : Une première étape à l'intervention a été d'expliciter ce qu'est une inférence auprès des élèves. Le premier atelier a servi à illustrer ce qu'un enquêteur (le lecteur expert) fait pour résoudre des énigmes (faire des inférences) : il cumule des indices, il recourt à ses connaissances sur la situation et fait des liens entre ces informations (les indices et ses connaissances) pour déduire des informations implicites au texte. Au cours du deuxième atelier, des textes narratifs ont été utilisés pour modeler la stratégie d'inférence. L'expérimentatrice lisait le texte aux élèves et s'arrêtait en cours de lecture pour se poser des questions à haute voix, identifier des indices et recourir à ses connaissances générales sur la situation pour faire des inférences. Au terme de la première semaine de l'intervention, les élèves savaient ce qui était entendu par « inférence » et ils avaient eu un premier modèle de « comment en faire ».

Les deux stratégies suivantes reposent sur le fait que certains inférences sont essentielles à la compréhension alors que d'autres ne sont pas nécessaires (Bowyer-Crane et Snowling, 2005). À la lecture d'un texte, plusieurs inférences peuvent être faites, mais elles ne sont pas toutes exactes et utiles à la compréhension. Il faut apprendre à sélectionner les inférences qui sont importantes à notre compréhension et ne pas sauter trop vite aux conclusions en attendant de cumuler suffisamment d'indices avant d'affirmer quoi que ce soit.

2) Sélectionner les inférences les plus importantes : Il convenait d'amener les élèves à être conscients que certaines inférences sont essentielles à la compréhension (à la résolution d'une énigme) alors que d'autres ne sont pas nécessaires (Bowyer-cran et Snowling, 2005). À la lecture d'un texte, de nombreux liens peuvent être faits. Il faut savoir sélectionner ceux qui serviront à notre compréhension. Pour illustrer cette stratégie, une enquête a été rédigée. Elle a été vécue sur deux

ateliers (3 et 4). Dans cette enquête, beaucoup d'indices étaient disponibles, mais ces indices n'étaient pas tous utiles à l'identification du coupable dans l'histoire. Tout au long de la lecture de l'enquête, l'expérimentatrice amenait les élèves à se poser des questions, à identifier des indices qui permettraient d'identifier le coupable, à recourir à ses connaissances sur la situation. Faire verbaliser les élèves sur les inférences qu'ils font (Richards et Anderson, 2003) ainsi que les impliquer dans les discussions en lien avec les textes qu'ils lisent (Dupin de St-André, 2011) a d'ailleurs été au cœur des douze ateliers. Au terme de l'atelier 4, les élèves n'avaient finalement besoin que d'un petit nombre de ces indices pour identifier le coupable.

3) Ne pas sauter trop vite aux conclusions : Il est aussi possible, comme lecteur, de se diriger vers « de fausses pistes ». L'atelier 5 permettait d'imager cette situation. Une histoire a été lue aux élèves. Dans cette histoire, un collier était volé. Il y avait quatre suspects pour ce vol jusqu'à ce que l'un deux revienne sur les lieux du vol, le collier dans les mains. Il est alors immédiatement mis en prison. On apprend ultérieurement qu'il ne s'agissait pas du véritable coupable. Les policiers étaient sautés trop vite aux conclusions. La leçon de M.Z. est alors qu'il faut faire attention avant de confirmer nos hypothèses : il faut avoir cumulé suffisamment d'indices qui nous permettent de l'affirmer. En contexte de lecture, avant de confirmer une inférence, il faut faire des aller-retour entre les informations contenues dans le texte et la question d'inférence.
4) Se poser les bonnes questions (dans le but de faire les bonnes inférences) : À la lecture d'un texte, le lecteur se pose des questions pour ajuster sa compréhension. Aux ateliers 7 et 8, une autre enquête était présentée aux élèves. Cette enquête était en deux parties. Une première partie décrivait une situation problématique. Une deuxième partie contenait tous les éléments nécessaires à la résolution de la situation problématique. Certains élèves lisaient la première partie et d'autres lisaient la deuxième partie. Les élèves qui lisaient la deuxième partie n'étaient donc pas au courant de la situation problématique. Les élèves ayant lu la première

partie devaient formuler les bonnes questions à poser aux élèves ayant lu la deuxième partie de l'enquête pour résoudre la situation problématique. Ces questions ne devaient toutefois pas faire deviner la situation problématique aux élèves ayant lu la deuxième partie du texte. Cette activité va dans le même sens que ce qui est proposé dans un article récent. Blouet et Marin (2010) présentent une intervention menée auprès d'élèves en difficulté pour améliorer la compréhension inférentielle qui comprend notamment des séances où les élèves doivent formuler des questions par rapport à un texte, questions auxquelles leurs pairs doivent répondre. Selon les auteurs de cet article, demander aux élèves d'eux-mêmes formuler des questions par rapport à un texte fait en sorte qu'ils s'en distancient. Cette distanciation leur permet de davantage généraliser les processus en jeu lors de la lecture (Blouet et Marin, 2010). Les ateliers 7 et 8 ont ainsi été un contexte pour aborder les inférences d'une autre façon avec les élèves.

Les ateliers 9 à 12 ont servi à mettre en pratique les stratégies apprises dans les ateliers précédents dans différents contextes afin de favoriser le transfert. Les ateliers 9 et 10 ont servi à pratiquer les stratégies d'enquêteur en contexte de lectures normalement faites en classe. L'atelier 11 a permis de travailler les stratégies en contexte mathématique : des énoncés mathématiques étaient présentés aux élèves et il leur était demandé d'utiliser les stratégies d'enquêteur pour mettre en place une solution. Finalement, l'atelier 12 a pris la forme d'une enquête finale au cours de laquelle les élèves devaient recourir à toutes les stratégies apprises pour arriver à résoudre l'enquête.

Tableau 2: Déroulement de l'intervention

Tests/Ateliers	
Pré-test	
#1 : Enquête colorée Introduction aux inférences avec un texte narratif prenant la forme d'une enquête.	#2 : Mystères Modelage de comment faire des inférences avec deux textes narratifs. ***Stratégie d'enquêteur #1 : Faire des inférences.***
#3 : Enquête du cirque Travail en équipes pour identifier les indices permettant de résoudre l'enquête, puis retour en groupe.	#4 : Enquête du cirque (suite) Travail individuel puis retour en groupe pour conclure l'activité. ***Stratégie d'enquêteur #2 : Sélectionner les inférences importantes.***
#5 : Enquête de Madame Flore En groupe, lecture d'une histoire menant à la ***stratégie #3 : Ne pas sauter trop vite aux conclusions.***	#6 : Enquête de Zambori Enquête sous la forme d'une planche de jeux. En équipes, les élèves doivent accumuler tous les indices et faire toutes les inférences nécessaires pour résoudre l'enquête. Mise en pratique des trois stratégies d'enquêteur apprises jusqu'à maintenant.
#7 : Enquêtes en 2 parties Enquête séparée en deux parties : 3 élèves ont la partie racontant un récit de ce qui s'est passé à un endroit, sans connaître le problème. Le reste de la classe a la partie du texte qui décrit le problème. Pour le résoudre, les élèves devront poser les bonnes questions aux élèves qui ont l'autre partie du texte.	#8 : Enquêtes en 2 parties (suite) Nouvelle enquête avec le même fonctionnement qu'à l'atelier 7. ***Stratégie #4 : Se poser les bonnes questions (dans le but de faire les inférences nécessaires).***
#9 : Pratique des quatre stratégies Pratique des stratégies d'enquêteur dans le cadre d'activités normalement vécues en classe.	#10 : Pratique des quatre stratégies (suite)
#11 : Défi mathématique Utilisation des stratégies d'enquêteur devant des énoncés mathématiques.	#12 : Enquête finale Mise en pratique de toutes les stratégies apprises pour résoudre une enquête finale.
Post-test	

L'approche développée est originale puisqu'elle ne se reporte pas à une approche d'enseignement en particulier, mais reprend plutôt différentes idées organisées dans un tout cohérent étalé sur 12 heures d'intervention. Au début de l'intervention, les activités étaient surtout vécues en grand groupe. Tout au long des ateliers, le travail d'équipe a été privilégié. Petit à petit, l'élève a été amené à travailler par lui-même. Notre objectif était de développer, chez les élèves, l'habileté à combler les vides dans un texte. Plus spécifiquement, nous avions en tête ces objectifs en élaborant l'intervention : (1) faire prendre conscience aux élèves de l'importance de faire des inférences; (2) montrer aux élèves qu'ils en font d'emblée; (3) montrer que certaines inférences sont plus difficiles à faire que d'autres (les inférences de type *gap-filling* sont généralement plus difficiles à faire que les inférences de type *text-connecting*); (4) outiller les élèves pour ces fois où les inférences sont plus difficiles à faire en leur montrant comment recourir à leurs connaissances générales et à se poser des questions sur ce qu'ils lisent.

3.3.2 INSTRUMENTS DE MESURE

Deux questionnaires ont été conçus afin d'évaluer le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques de tous les élèves impliqués dans le projet. Un premier test (pré-test) a été passé à la première semaine du projet, soit avant le début de l'intervention. Un deuxième test (post-test) a été passé la semaine suivant la fin de l'intervention. Chaque classe expérimentale a ainsi été rencontrée à 14 reprises (12 fois pour les ateliers et deux fois pour la passation de questionnaires). Pour leur part, les classes du groupe témoin ont été rencontrées à deux reprises pour la passation des questionnaires. Les deux tests avaient la même structure et évaluaient la même habileté : chaque questionnaire comprenait quatre problèmes écrits d'arithmétique à résoudre. Chacun des problèmes écrits a été élaboré selon deux critères. En plus de pouvoir se résoudre par le recours à une opération connue des élèves de quatrième année, l'énoncé écrit devait nécessiter de faire au moins une inférence. Chacune des rencontres pour la passation des questionnaires a été approximativement de 60 minutes et a eu lieu dans les classes respectives des élèves pendant les heures de classe. Aucune aide n'était autorisée.

Afin de séparer l'échantillon selon le niveau d'habiletés en mathématiques des élèves, nous avons ajouté un deuxième volet au pré-test. Nous voulions, de cette façon, porter un regard plus complet sur le niveau d'habiletés en mathématiques des élèves. Dans ce deuxième volet, quatre autres problèmes écrits étaient présentés. Pour ces problèmes, les élèves devaient choisir, parmi les opérations proposées, celle qu'ils auraient choisie s'ils avaient eu à résoudre le problème. Ils ne devaient toutefois pas résoudre le problème. Le résultat obtenu à ce deuxième volet a été additionné au résultat obtenu au pré-test. Cette somme nous permettait d'avoir une idée plus générale du rendement en mathématiques des élèves. Dans le but de simplifier le texte, nous référons à cette somme en tant que « résultat en mathématiques ».

3.3.3 CORRECTION

Dans le but de nous assurer de la fiabilité du processus de correction, nous avons mis en place une procédure d'inter juge avant la correction officielle. Pour ce faire, un peu plus de 10% des copies ont été utilisées. Une auxiliaire de recherche a agi comme inter juge et a ainsi corrigé 30 questionnaires. La chercheuse a corrigé ces 30 mêmes questionnaires. Afin d'évaluer l'accord inter juge, c'est-à-dire de vérifier si les solutionnaires étaient assez explicites et clairs pour qu'un élève obtienne le même résultat peu importe qui corrige son questionnaire, une corrélation intra-classe a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS. Plus le coefficient de corrélation intra-classe est près de 1, plus l'accord se rapproche de la perfection. Le coefficient de corrélation de la présente analyse était de 0,998 pour le pré-test et de 0,984 pour le post-test, ce qui confirmait la fidélité des solutionnaires.

3.3.4 PRÉ-EXPÉRIMENTATIONS

Afin de valider les activités vécues en classe pendant l'intervention, chacun des douze ateliers a été pré-expérimenté en moyenne à deux reprises. Pour ce faire, la chercheuse s'est rendue dans deux autres classes d'élèves de 4^{e} année. Les séquences vidéo des pré-expérimentations ont été analysées pour ajuster les activités et l'animation, au besoin. Les principaux points d'amélioration ont été d'ajuster les questions posées aux élèves lors de l'animation en fonction des réponses des élèves et de leur niveau. Par exemple, si certaines questions étaient trop difficiles, les rétroactions avec les élèves en pré-expérimentation permettaient de réajuster les questions pour qu'elles soient plus accessibles. Les pré-expérimentations ont aussi permis de mieux gérer le temps lors de l'expérimentation et de raccourcir les textes utilisés, au besoin. Toujours pour nous assurer de la validité des outils utilisés pour le projet, les deux tests ont eux aussi été pré-expérimentés en moyenne à deux reprises avant d'être administrés aux classes participantes. Le coefficient *alpha* de Cronbach a été utilisé pour vérifier la consistance interne des instruments de mesure. Des coefficients de 0,553 et 0,486 pour les pré-test et post-test, respectivement, ont été obtenus. Nous avons considéré ces résultats acceptables pour des tests « maison ».

3.4 PROCÉDURE D'ANALYSE DE DONNÉES

Pour l'analyse des données, nous avons eu recours aux méthodes statistiques. Nous avons fait nos analyses à partir du logiciel SPSS (version 22). L'analyse choisie ainsi que les variables étudiées sont présentées dans ce qui suit.

3.4.1 ANALYSE DE L'ÉCART DE RENDEMENT EN RÉSOLUTION DE PROBLÈMES ÉCRITS

Pour répondre à notre question principale de recherche, nous nous sommes plus spécifiquement intéressés à l'*écart* entre les élèves les plus faibles et leurs pairs au regard du rendement en résolution de problèmes écrits. Il s'agissait ici de vérifier si l'intervention avait permis aux élèves les plus faibles de s'améliorer et donc de réduire l'écart entre eux et leurs pairs. Il ne s'agissait pas de vérifier si les élèves les plus faibles devenaient meilleurs que leurs pairs plus forts, mais bien de regarder si l'écart qui sépare les élèves les plus faibles de leurs pairs avait diminué. Rappelons que l'écart entre les élèves les plus faibles en mathématiques et les autres élèves s'accroît habituellement en contexte de résolution de problèmes (Andersson, 2008; Jordan et Hanich, 2000).

Tel que discuté dans la section 3.2.2.1, nous avons décidé de séparer l'échantillon total en trois sous-groupes au regard du résultat obtenu en mathématiques avant l'intervention. Les élèves ayant obtenu un résultat en mathématiques inférieur ou égal au 33^{e} percentile ont été considérés comme étant les élèves les plus faibles en mathématiques de l'échantillon. Ceux ayant obtenu un résultat supérieur au 33^{e} percentile, mais inférieur ou égal au 66^{e} percentile ont été considérés comme étant les élèves de niveau faible à moyen en mathématiques. Les élèves ayant obtenu un résultat supérieur au 66^{e} percentile ont été considérés comme étant les élèves les plus forts en mathématiques.

Pour les analyses, l'échantillon total a donc été séparé en trois sous-groupes au regard du résultat en mathématiques :

- Les élèves les plus faibles (résultat inférieur ou égal au 33^{e} percentile);
- Les élèves de niveau faible à moyen (résultat supérieur au 33^{e} percentile, mais inférieur ou égal au 66^{e} percentile);
- Les élèves les plus forts (résultat supérieur au 66^{e} percentile).

En effectuant nos choix méthodologiques afin de vérifier l'écart entre les élèves les plus faibles de l'échantillon et les autres élèves, nous devions rester vigilants au regard du phénomène de régression vers la moyenne. Ce phénomène s'illustre par le fait que les résultats s'éloignant considérablement de la moyenne tendent, avec le temps, à s'en rapprocher. C'est particulièrement vrai pour les résultats se situant aux extrêmes, soit les résultats les plus faibles et les résultats les plus forts. Ainsi, dans le contexte qui nous intéresse, plus un élève de l'échantillon a un résultat qui s'éloigne de la moyenne au pré-test, plus il a de chance que son résultat se rapproche de la moyenne au post-test. Par exemple, supposons que la moyenne au pré-test est de 60% et qu'un élève a obtenu 100%.

Cet élève ne peut pas obtenir un résultat supérieur au post-test. Son résultat au post-test sera soit égal, soit inférieur à 100%. Si son résultat est inférieur à 100%, il sera nécessairement plus près de la moyenne si elle demeure à 60% au post-test. Il a ainsi plus de chance de se rapprocher de la moyenne que de s'en éloigner. Le même phénomène est observé pour un élève qui obtiendrait un résultat très faible au pré-test.

Une façon de répondre à la question de recherche du présent projet aurait été de faire une comparaison, parmi les élèves ayant reçu l'intervention, entre ceux les plus faibles et leurs pairs. Nous aurions ainsi pu mesurer l'écart de rendement, entre le pré-test et le post-test, pour les deux groupes et les comparer. Toutefois, nous n'aurions pas pu garantir qu'une réduction de l'écart, s'il y avait eu lieu, n'était pas due au phénomène de régression vers la moyenne puisque les élèves les plus faibles avaient davantage place à amélioration que leurs pairs. Ils avaient plus de chance de s'améliorer sans que cela n'ait été nécessairement dû à l'intervention. Un moyen d'éviter le phénomène de régression vers la moyenne était le recours au groupe témoin.

Nous avons ainsi fait le choix de plutôt comparer les trois sous-groupes de l'échantillon entre eux, c'est-à-dire de comparer le rendement en résolution de problèmes écrits au post-test entre les élèves du groupe témoin et ceux du groupe expérimental pour chacun des sous-groupes formés par le niveau de l'élève en mathématiques. Nous avons utilisé le pré-test comme covariable pour équilibrer la force des deux groupes. Nous avons donc vérifié si, au regard du rendement en résolution de problèmes écrits:

- les élèves les plus faibles du groupe expérimental se démarquaient des élèves les plus faibles du groupe témoin;
- les élèves de niveau faible à moyen du groupe expérimental se démarquaient des élèves de niveau faible à moyen du groupe témoin;
- les élèves les plus forts du groupe expérimental se démarquaient des élèves les plus forts du groupe témoin.

Pour faire ces comparaisons, nous avons utilisé l'analyse de covariance. Cette analyse statistique nous a permis de vérifier si, pour les trois sous-groupes formés par le niveau d'habiletés en mathématiques, l'intervention a eu un effet sur le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques. Nous avons ensuite pu discuter de l'écart entre les sous-groupes à partir de ces résultats.

Par ailleurs, puisqu'une analyse de covariance distincte a été menée pour chacun des sous-groupes formés par le niveau d'habiletés en mathématiques, nous nous sommes trouvés à faire trois analyses de covariance simultanément à partir d'un même échantillon. Effectuer plus d'un test simultanément sur un même échantillon augmente nos chances d'observer des évènements rares et d'ainsi conclure injustement à un effet de l'intervention (Abdi, 2007). Pour éviter de faire cette erreur, nous avons utilisé la correction de Bonferroni, c'est-à-dire que nous avons réduit le seuil de signification de l'analyse. Nous avons divisé le seuil de signification habituel (α=0,05) par le nombre de tests que nous avons effectués (3). Le seuil d'erreur pour nos analyses de covariance a donc été fixé à α=0,0167.

3.4.2 VARIABLES À L'ÉTUDE

Pour nos analyses, nous avions une variable indépendante, une variable dépendante ainsi qu'une covariable. La variable indépendante était la variable « groupe ». Elle séparait les élèves de l'échantillon selon qu'ils avaient reçu l'intervention ou non. Cette variable correspondait au groupe (expérimental ou témoin) auquel a appartenu l'élève. Le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques au post-test a constitué notre variable dépendante. Le rendement en résolution de problèmes écrits au pré-test a été la covariable.

3.5 LIMITES DE L'ÉTUDE

Cette section présente les limites de l'étude. Celles-ci sont des limites liées à la validité interne.

3.5.1 CRITÈRES D'INVALIDITÉ INTERNE

Puisque la chercheuse s'est rendue dans les classes expérimentales pour mener l'intervention à 12 reprises, un lien entre les élèves et la chercheuse a pu s'établir. En effet, c'est la chercheuse qui a animé tous les ateliers afin de s'assurer que ceux-ci étaient les plus similaires possible d'une classe à l'autre. Ce choix apporte cependant une menace à la validité interne. La chercheuse a donné une attention particulière aux élèves du groupe expérimental en se rendant dans leurs classes à plusieurs reprises. Ceci fait en sorte que les enfants du groupe expérimental pourraient s'être appliqués plus qu'à l'habitude lors de la passation des questionnaires afin de plaire (ou de déplaire) davantage (effet *Hawthorne*).

L'intervention élaborée dans le cadre d'un projet plus large et utilisée dans le présent mémoire visait à enseigner à faire des inférences d'une façon particulière. Les effets de l'enseignement de l'habileté à faire des inférences sont attribués à l'intervention en particulier. Pour reproduire les effets, il faudrait reprendre cette intervention. Les effets observés, s'il y a lieu, seront attribuables à l'intervention spécifique du présent projet. Les enseignants intéressés à reproduire les résultats positifs, s'il y a lieu, devront reprendre cette même intervention. Nous avons voulu limiter ce biais en filmant chacun des douze ateliers et en préparant un document qui les décrit dans les moindres détails.

Une autre limite concerne les outils de collecte de données utilisés dans le cadre du projet. Les instruments de mesure étaient propres au présent projet. Nous avons donc évalué le rendement à *nos* tests. Nous nous sommes par contre assurés qu'ils étaient le plus fidèles possible aux évaluations faites en classe de quatrième année du primaire.

CHAPITRE 4
RÉSULTATS

Le but de cette étude était de vérifier l'effet d'une intervention axée sur l'enseignement des inférences sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs. Pour atteindre notre objectif, nous avons eu recours à des analyses statistiques. Le présent chapitre décrit les résultats obtenus. Notre hypothèse était que l'intervention viendrait particulièrement en aide aux élèves les plus faibles de l'échantillon, soit les élèves ayant obtenu un résultat en mathématiques inférieur ou égal au 33^{e} percentile. L'intervention permettrait ainsi de réduire l'écart entre eux et leurs pairs en résolution de problèmes écrits mathématiques. Plus précisément, la question principale de recherche était la suivante :

> « Quel est l'effet de l'intervention sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs? »

Pour répondre à la question principale de recherche, nous avons d'abord séparé l'échantillon en trois sous-groupes, selon le niveau d'habiletés en mathématiques. Nous avons ensuite procédé en deux temps. Dans un premier temps, nous avons voulu vérifier l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes écrits de chaque sous-groupe d'élèves. Nous nous sommes donc posé la question suivante :

> - Quel est l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques de chacun des sous-groupes d'élèves formés par le niveau d'habiletés en mathématiques?

Pour répondre à cette sous-question, nous avons utilisé l'analyse de covariance. Dans un deuxième temps, nous avons interprété les changements au niveau de l'écart entre les trois sous-groupes à partir des résultats des analyses de covariance.

Avant de présenter les résultats des analyses de covariance, nous présenterons ce qui a été fait pour nous assurer du respect des conditions d'application de ce test. Nous présenterons également quelques statistiques descriptives.

4.1 RESPECT DES CONDITIONS D'APPLICATION DE L'ANALYSE DE COVARIANCE

L'analyse de covariance a été utilisée pour vérifier l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques. Nous avons mené trois analyses de covariance, soit une analyse pour chaque sous-groupe formé par le niveau d'habiletés en mathématiques. Afin de pouvoir utiliser les résultats de chacune des analyses, nous devions respecter certaines conditions. D'abord, nous devions nous assurer de la normalité de la distribution de la variable dépendante. Dans ce cas-ci, la variable dépendante était le rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques au post-test. Nous devions donc vérifier si les résultats du post-test se distribuaient normalement pour les élèves du groupe expérimental et du groupe témoin. Puisque le nombre d'individus par groupe était supérieur à 20, nous pouvions assumer le respect de cette condition, et ce, pour les trois analyses.

Ensuite, nous devions vérifier l'homogénéité des variances des distributions. En d'autres termes, nous devions vérifier si les résultats variaient d'une façon similaire dans le groupe expérimental et dans le groupe témoin. Pour ce faire, nous avons utilisé le test de Levene. Les résultats du test de Levene nous ont permis d'assumer le respect de cette deuxième condition d'application pour deux des trois sous-groupes. Cette condition n'a pas été respectée pour le sous-groupe des élèves les plus faibles en mathématiques.

Finalement, la covariable, soit le rendement en résolution de problèmes au pré-test, devait former une relation linéaire avec la variable dépendante pour tous les niveaux de la variable indépendante et l'homogénéité des pentes devait être respectée. SPSS calcule pour nous une probabilité nous permettant de convenir de l'homogénéité des pentes. Cette condition était respectée pour deux des trois sous-groupes. Elle n'était pas respectée pour les élèves les plus faibles en mathématiques. Nous ne pouvions donc pas nous fier à la probabilité calculée de l'analyse de covariance pour le sous-groupe des élèves les plus faibles. Nous pouvions toutefois nous fier aux résultats des deux autres analyses, soit celles concernant les deux autres sous-groupes d'élèves.

4.2 STATISTIQUES DESCRIPTIVES

Tableau 3: Statistiques descriptives des résultats en mathématiques avant le projet

Test	**Niveau d'habiletés en mathématiques**	**Groupe**	**Moyenne**	**É.T.**
Résultats en mathématiques	Élèves les plus faibles	Témoin	2,4048	1,04903
		Expérimental	2,7667	1,21580
	Élèves de niveau faible à moyen	Témoin	5,8088	0,72837
		Expérimental	5,8833	0,69087
	Élèves les plus forts	Témoin	9,1081	1,18518
		Expérimental	9,5870	1,51246

Le tableau 3 montre les moyennes obtenues en mathématiques par chaque sous-groupe d'élèves formés par le niveau d'habiletés en mathématiques.

4.3 RÉSULTATS DES ANALYSES DE COVARIANCE

Pour répondre à la question principale de recherche, nous avons d'abord vérifié l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes écrits de chacun des trois sous-groupes d'élèves. Pour ce faire, nous avons mené des analyses de covariance (ANCOVA). Cette analyse nous permet de comparer les moyennes obtenues au post-test une fois qu'elles sont ajustées selon le pré-test. En effet, l'ANCOVA rend équivalents les groupes selon les résultats obtenus au pré-test, soit selon le rendement des élèves avant l'intervention. Ainsi, si des différences sont observées entre les moyennes obtenues au post-test, elles pourront être attribuables à l'intervention.

Nous avons comparé les moyennes obtenues au post-test ajustées selon le pré-test entre les élèves du groupe témoin et ceux du groupe expérimental. Nous avons fait cette analyse pour chacun des trois sous-groupes d'élèves formés par le niveau d'habiletés en mathématiques. Les élèves les plus faibles du groupe expérimental ont été comparés aux élèves les plus faibles du groupe témoin; les élèves de niveau faible à moyen du groupe expérimental ont été comparés aux élèves de niveau faible à moyen du groupe témoin; les élèves les plus forts du groupe expérimental ont été comparés aux élèves les plus forts du groupe témoin. Ce choix méthodologique a été fait pour que nous puissions recourir au groupe témoin et ainsi éviter le plus possible le phénomène de régression vers la moyenne. Avant de présenter les résultats de l'analyse statistique en tant que telle, nous porterons un regard sur les moyennes au post-test de l'échantillon une fois qu'elles ont été ajustées selon le pré-test.

Tableau 4: Résultats en résolution de problèmes écrits

Sous-groupes	**Groupe**	**Moyennes calculées de l'échantillon**	**Moyennes ajustées selon le pré-test**
Élèves les plus faibles	Expérimental	2,0345	2,019
	Témoin	2,2821	2,294
Élèves de niveau faible à moyen	Expérimental	4,0500	4,066
	Témoin	2,9242	2,909
Élèves les plus forts	Expérimental	5,2727	5,034
	Témoin	4,3750	4,521

Le tableau 4 présente les résultats en résolution de problèmes écrits de l'échantillon. La troisième colonne montre les moyennes obtenues, au post-test, pour les élèves des groupes expérimental et témoin de chacun des sous-groupes. La quatrième colonne expose ces mêmes moyennes une fois qu'elles ont été ajustées selon les résultats obtenus au pré-test. Il est possible de constater que, dans l'échantillon, la différence la plus grande entre le groupe expérimental et le groupe témoin se trouve chez les élèves de niveau faible à moyen. Pour chacun des sous-groupes, nous nous servirons de la probabilité calculée par l'analyse de covariance pour connaître les chances que les résultats observés dans l'échantillon soient dus au hasard. Si cette probabilité est inférieure à 1,67% (voir section 3.4.1 du chapitre 3 pour l'explication de la correction de Bonferroni au regard du seuil d'erreur), nous pourrons affirmer que les différences observées sont statistiquement significatives et généralisables.

Tableau 5: Résultats des analyses de covariance

ANCOVA							
	Source	Somme des carrés	Df	Carré moyen	F	P	État carré partiel
Élèves les plus faibles	Groupe	1,215	1	1,215	0,605	0,440	0,009
	Pré-test	0,338	1	0,338	0,168	0,683	0,003
	Erreur	130,525	65	2,008			
Élèves de niveau faible à moyen	Groupe	20,792	1	20,792	8,917	0,004	0,129
	Pré-test	1,328	1	1,328	0,570	0,453	0,009
	Erreur	139,907	60	2,332			
Élèves les plus forts	Groupe	3,386	1	3,386	1,292	0,261	0,023
	Pré-test	32,416	1	32,416	12,370	0,001	0,184
	Erreur	144,135	55	2,621			

Les résultats des analyses de covariance (voir tableau 5) suggèrent que, une fois les résultats du post-test ajustés selon ceux du pré-test, la seule différence statistiquement significative entre le groupe expérimental et le groupe témoin est observée chez les élèves de niveau faible à moyen ($F(1,60)=8{,}917$, $p=0{,}004$). La différence est en faveur des élèves du groupe expérimental. Afin de connaître à quel point l'intervention explique cette différence, nous pouvons interpréter l'état carré partiel. L'état carré partiel est une façon de mesurer la taille de l'effet de l'intervention. Cette mesure nous renseigne sur la proportion de la variabilité de la variable dépendante, dans ce cas-ci le rendement en résolution de problèmes, pouvant être expliquée par la variable indépendante, dans ce cas-ci le groupe (expérimental ou témoin; Howell, 2008). Selon Cohen (1988), l'effet est modéré si l'état carré partiel se situe autour de 0,06. La force de l'effet est grande si l'état carré partiel est de 0,14 ou plus. Puisque, en ce qui concerne les élèves de niveau faible à moyen, l'état carré partiel est de 0,129, nous pouvions qualifier l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes de modéré à grand.

Les résultats de l'analyse de covariance concernant les élèves les plus forts en mathématiques (voir tableau 5) ne nous permettent pas de conclure à une différence statistiquement significative entre le groupe témoin et le groupe expérimental. Le groupe expérimental ne se démarque donc pas significativement du groupe témoin pour ce sous-groupe d'élèves. En ce qui concerne les élèves les plus faibles, puisque les conditions d'application de l'analyse de covariance faisant l'objet de ce sous-groupe n'étaient pas respectées, nous ne pouvons pas nous fier aux résultats de l'analyse. Les graphiques suivants illustrent de quelle façon les moyennes ajustées peuvent varier dans la population, dans un intervalle de confiance à 95%.

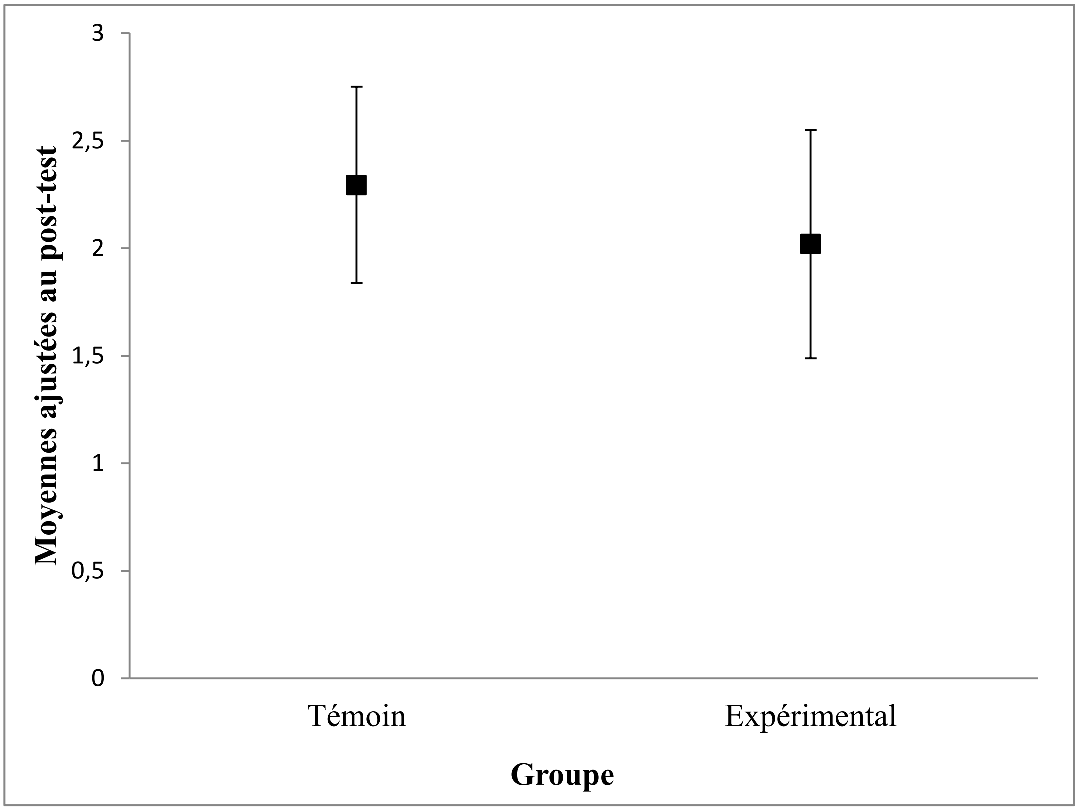

Figure 3: Moyennes ajustées pour les élèves les plus faibles en mathématiques

Le graphique de la figure 3 montre les moyennes ajustées au post-test des élèves les plus faibles en mathématiques. Il est possible d'y voir que, dans un intervalle de confiance à 95%, les résultats des groupes témoin et expérimental se chevauchent. Bien que nous n'ayons pas pu nous fier aux résultats de l'analyse de covariance concernant ce sous-groupe, ce graphique suggère que la différence est peu marquée entre les élèves du groupe expérimental et ceux du groupe témoin.

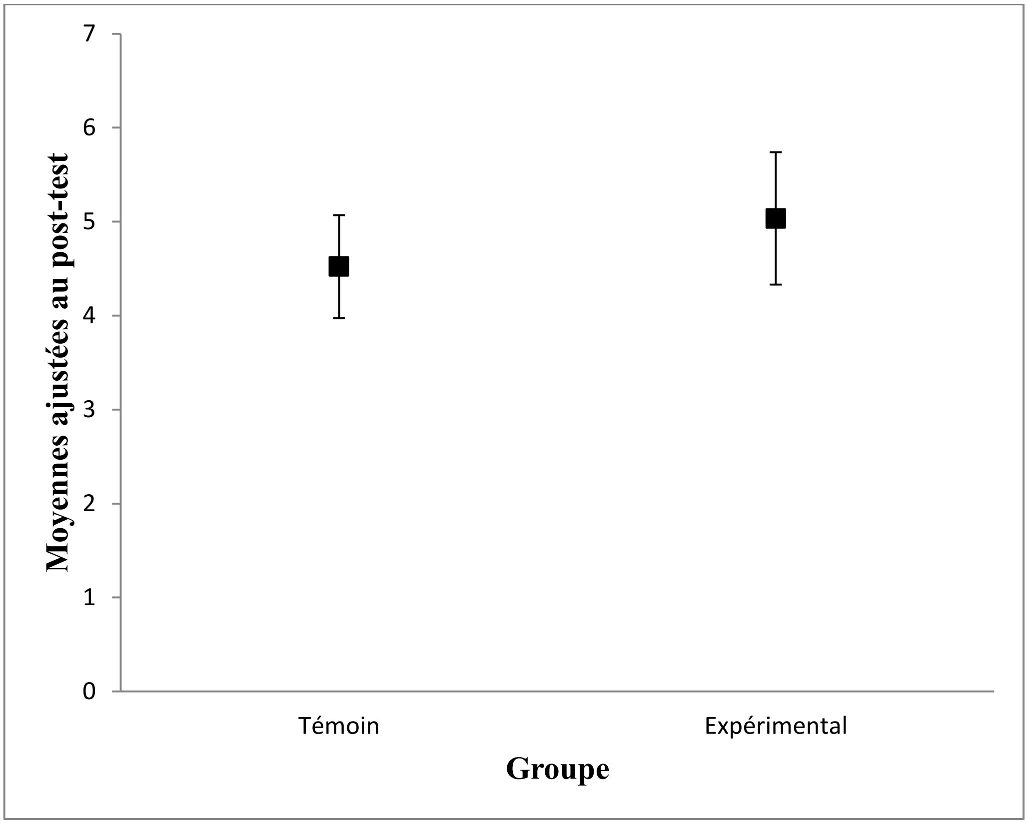

Figure 4: Moyennes ajustées pour les élèves les plus forts en mathématiques

Le graphique de la figure 4 illustre les moyennes ajustées au post-test des élèves les plus forts en mathématiques. Nous pouvons constater qu'un portrait similaire aux élèves les plus faibles se dresse pour les élèves les plus forts. Dans un intervalle de confiance à 95%, les moyennes des groupes témoin et expérimental semblent se chevaucher, bien que la moyenne du groupe expérimental dépasse faiblement celle du groupe témoin. Les résultats de l'analyse de covariance n'ont pas permis de conclure à une différence significative pour ce sous-groupe d'élèves.

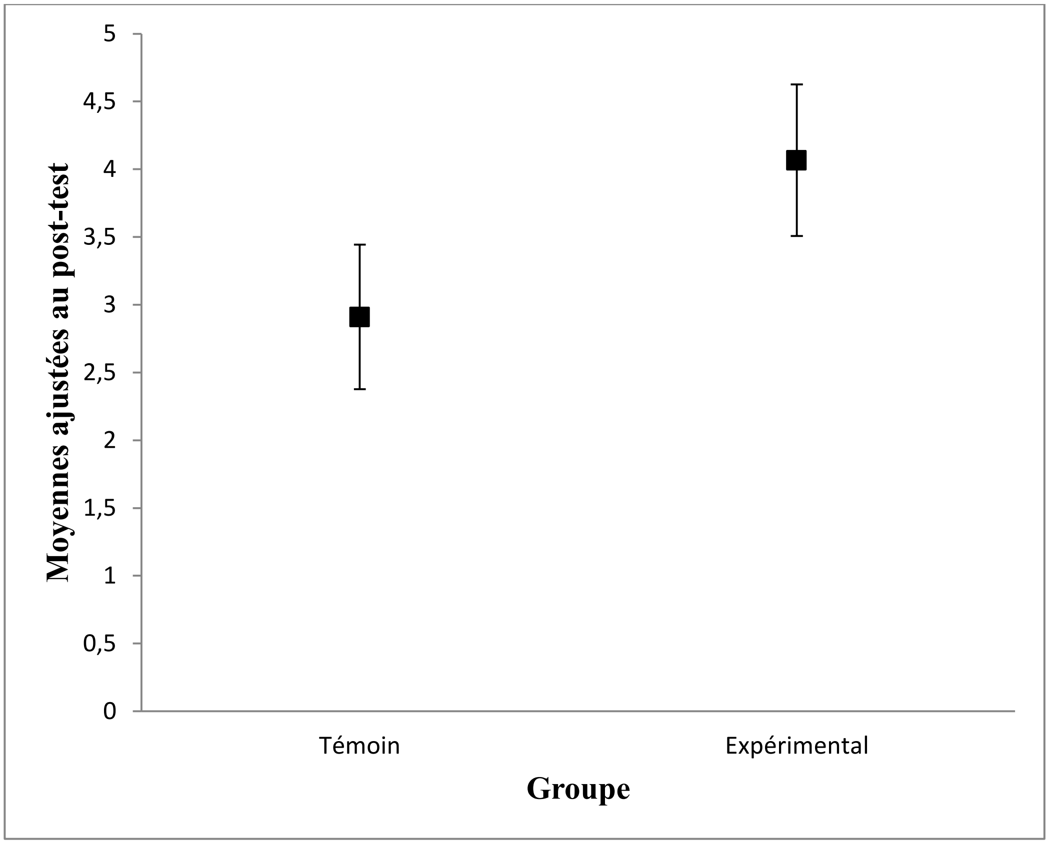

Figure 5: Moyennes ajustées pour les élèves de niveau faible à moyen

Finalement, le graphique de la figure 5 illustre bien la différence entre le groupe expérimental et le groupe témoin au regard du rendement en résolution de problèmes écrits des élèves de niveau faible à moyen. Contrairement à ce que nous pouvions observer sur les graphiques des figures 3 et 4, dans ce cas-ci, la moyenne des élèves du groupe expérimental se démarque de celle du groupe témoin. Dans un intervalle de confiance à 95%, les moyennes des deux groupes ne se chevauchent pas. Cette observation est cohérente avec les résultats de l'ANCOVA.

CHAPITRE 5
DISCUSSION

Des études s'intéressant aux élèves les plus faibles en mathématiques ont montré que l'écart entre ceux-ci et les autres élèves serait encore plus grand lorsqu'il s'agit de résoudre des problèmes écrits (Andersson, 2008; Jordan et Hanich, 2000). Il serait surtout difficile pour les élèves les plus faibles en mathématiques de créer des images mentales des situations présentées dans l'énoncé (Krawec, 2014), représentations qui sont inhérentes à la compréhension. Notre projet s'inscrit à la suite des travaux ayant porté sur la recherche d'interventions pour venir en aide aux élèves faibles en mathématiques en contexte de résolution de problèmes. Nous avions comme objectif de vérifier l'effet d'une intervention axée sur l'enseignement d'une habileté en lecture essentielle à la création des représentations mentales sur l'écart de rendement en résolution de problèmes écrits entre les élèves les plus faibles en mathématiques et leurs pairs. Le chapitre précédent exposait les résultats des analyses statistiques auxquelles nous avons eu recours pour répondre à notre question de recherche. Le présent chapitre présentera notre interprétation de ces résultats, les conclusions qui peuvent en être tirées et des avenues pour la suite.

5.1 DISCUSSIONS RELATIVES À L'ÉCART DE RENDEMENT

Pour répondre à la question principale de recherche, nous avons choisi de procéder en deux temps. Les résultats des analyses de covariance nous ont permis de vérifier l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes de chaque sous-groupe d'élèves formés par le niveau d'habiletés en mathématiques. Ces résultats sont décrits dans le chapitre 4. Dans un deuxième temps, nous voulions utiliser les résultats des analyses pour discuter de l'écart de rendement entre les sous-groupes. Nous amorcerons donc le présent chapitre par une discussion à propos de cet écart.

Les résultats présentés dans le chapitre précédent nous ont permis de conclure à une seule différence statistiquement significative entre le groupe témoin et le groupe expérimental. Cette différence a été observée chez le sous-groupe d'élèves de niveau faible à moyen ($F(1,60)=8,917$, $p=0,004$). Pour les deux autres sous-groupes, nous n'avons pas pu conclure à des différences statistiquement significatives. Ces résultats ne nous permettent toutefois pas d'affirmer que l'intervention n'a eu aucun effet sur le rendement des élèves les plus faibles et de ceux les plus forts. Ils ne nous permettent simplement pas de conclure que l'effet est statistiquement significatif pour ces deux sous-groupes.

Par conséquent, si nous traitons les résultats au regard de l'écart entre les élèves les plus faibles et leurs pairs, nous ne pouvons rien conclure. Parmi les trois sous-groupes, ce sont les élèves de niveau faible à moyen qui ont le plus profité de l'approche. Notre hypothèse selon laquelle ce seraient les élèves les plus faibles qui bénéficieraient le plus de l'intervention ne s'est ainsi pas vérifiée. Dans ce qui suit, nous situerons nos résultats par rapport à ceux des études antérieures, nous fournirons une interprétation de ces résultats et nous proposerons une piste pour adapter l'intervention aux élèves les plus faibles.

5.2 DISCUSSIONS RELATIVES AUX LIENS MATHÉMATIQUES-LECTURE

Dans le cadre de cette étude, une intervention a été faite en lecture dans le but d'améliorer le rendement des élèves en résolution de problèmes mathématiques. Le fait de s'intéresser aux habiletés en lecture en contexte de résolution de problèmes écrits mathématiques n'est pas nouveau. Il est depuis longtemps établi que les habiletés en lecture jouent un rôle important dans la résolution de problèmes écrits mathématiques (Muth, 1984; Sovik, Frostad et Heggberget, 1999; Vilenius-Tuohimaa, Aunola et Nurmi, 2008). Ces dernières années, des études tendent à préciser davantage le lien déjà établi entre lecture et problèmes écrits. C'est dans cette optique que certaines études récentes ont montré que l'habileté à émettre des inférences était une habileté en lecture liée au rendement en résolution de problèmes écrits mathématiques (Imam, Mastura et Jamil, 2013; Voyer, Beaudoin et Goulet, 2012). Notre projet s'inscrit à cette suite et veut y apporter de nouvelles connaissances. Effectivement, si Voyer, Beaudoin et Goulet (2012) ont montré une corrélation positive entre l'habileté à faire des inférences en lecture et le rendement en résolution de problèmes, notre étude permet de consolider ce lien. Les résultats du présent mémoire permettent de conclure que de travailler l'habileté à émettre des inférences en classe de français permet d'améliorer le rendement des élèves de niveau faible à moyen en résolution de problèmes. S'il avait été établi que ceux qui sont bons pour faire des inférences sont aussi ceux qui sont bons pour résoudre des problèmes écrits (Voyer, Beaudoin et Goulet, 2012), nos résultats suggèrent que d'aider les élèves de niveau faible à moyen en mathématiques à faire des inférences les aide à devenir meilleurs en résolution de problèmes écrits. Non seulement ce résultat concrétise le lien préalablement établi entre l'habileté à faire des inférences et la résolution de problèmes mathématiques, mais il tend à montrer un lien de cause à effet qui n'avait pas été montré auparavant. Ce résultat a des conséquences directes dans la classe : un enseignant peut faire d'une pierre deux coups en travaillant les inférences en français et en obtenant des résultats en français et en mathématiques.

Si une intervention en lecture a permis une amélioration du rendement en résolution de problèmes écrits, cela confirme que ces deux habiletés sont liées et va dans le sens de ce que Capraro, Capraro et Rupley (2012) ont avancé : il y a des demandes cognitives communes à la lecture et à la résolution de problèmes écrits et la compréhension inférentielle est une des deux grandes composantes communes aux deux habiletés. Selon ces auteurs, faire des inférences est aussi important en compréhension de textes de français qu'en compréhension d'énoncés écrits mathématiques. Les lecteurs experts recourraient d'ailleurs à l'inférence autant à la lecture d'un texte qu'à la résolution d'un problème écrit (Hopkins, Williams et Ratanapraphart, 2012).

Montrer aux élèves à faire des inférences, c'est leur montrer à faire des liens entre ce qu'ils lisent et ce qu'ils connaissent, à déduire des informations implicites à partir d'informations explicites (Giasson, 2003). C'est donc de montrer aux élèves à aller au-delà du texte. Devant un problème écrit, cela se traduit par la création de représentations mentales du problème. Tel que mentionné précédemment, devant un énoncé de problème, la création du modèle de problème et du modèle de situation requiert de l'élève qu'il génère des inférences (Kintsch et Greeno, 1985). Il est d'ailleurs reconnu que les bons solutionneurs se créeraient un modèle du problème alors que les moins bons solutionneurs ne feraient que sélectionner les nombres et les mots inducteurs dans l'énoncé, passant directement à une opération (Hegarty, Mayer et Monk, 1995). Les bons solutionneurs cherchent davantage à comprendre la situation, et non à simplement appliquer une opération. Ils réfléchissent de façon flexible en faisant interagir les données du problème et leur représentation de la situation (Polotskaia, Savard et Freiman, 2015). Une recommandation de Polotskaia, Savard et Freiman (2015) quant à l'enseignement de la résolution de problèmes est d'ailleurs que cet enseignement mise notamment sur le développement d'une pensée flexible. Enseigner aux élèves à faire des inférences contribue selon nous à aider les élèves à développer cette pensée flexible lorsque vient le temps de résoudre un problème écrit. Nos résultats suggèrent qu'en montrant aux élèves à aller au-delà du texte en français par l'entremise des inférences, nous pouvons avoir un impact sur leur rendement en résolution de problèmes écrits. Nous croyons ainsi que l'amélioration observée au niveau du rendement s'explique par le fait que, en aidant les élèves à aller au-delà du texte en français, l'intervention les a aidés à créer les représentations des problèmes qu'ils ont eu à résoudre, les poussant à réfléchir de façon plus flexible devant la situation énoncée.

5.3 DISCUSSIONS RELATIVES AUX ÉLÈVES LES PLUS FAIBLES

Ainsi, considérant les résultats obtenus, nous ne remettons pas en cause la qualité et la pertinence de l'intervention. Nous continuons de croire que de travailler l'habileté à faire des inférences, parce que c'est une habileté en lecture essentielle à la compréhension, mais aussi parce que ce serait une habileté cognitive commune à la lecture et à la résolution de problèmes, reste une avenue intéressante à privilégier. Le fait que les élèves de niveau faible à moyen en mathématiques aient profité significativement de l'approche nous permet d'abonder en ce sens. En ce qui concerne les élèves les plus faibles en mathématiques, les résultats ne permettent pas de confirmer notre hypothèse de départ selon laquelle ils seraient avantagés par rapport à leurs pairs. Nous présentons maintenant des pistes d'explication pour interpréter les résultats obtenus concernant les élèves les plus faibles.

Une première piste pour expliquer qu'il n'ait pas été possible d'observer une différence significative au regard du rendement des élèves les plus faibles est que, si ces élèves sont devenus meilleurs pour faire des inférences suite à l'intervention, le transfert à la résolution de problèmes écrits mathématiques n'a pas pu être observé. Un test évaluant l'habileté inférentielle aurait pu consolider ou écarter cette hypothèse.

Par ailleurs, les élèves les plus faibles de la classe seraient reconnus pour être plus résistants aux interventions que leurs pairs (Re *et al*., 2014), c'est-à-dire qu'ils répondraient moins bien que leurs pairs aux interventions qui leur sont prodiguées. D'ailleurs, des études ont déjà montré que ces élèves bénéficieraient davantage d'interventions individualisées (Hall, 2015; Powell et Fuchs, 2015; Powell et Stecker, 2014). Dans le cadre de notre étude, en contexte de groupe, les élèves les plus faibles ne semblent pas avoir significativement profité de l'approche. Puisque l'intervention a été profitable aux élèves un peu plus forts, nous avançons que ce soit le contexte de classe qui n'ait pas permis une amélioration significative des élèves les plus faibles, même si le contenu abordé est probablement celui qu'ils ont le plus besoin de développer par rapport aux autres élèves. En effet, ce seraient les élèves faibles qui bénéficieraient le plus d'interventions au regard de l'habileté à faire des inférences (McGee et Johnson, 2003). Notre hypothèse est maintenant que les élèves les plus faibles ont besoin d'une telle intervention qui vise un transfert entre l'habileté en lecture et l'habileté en résolution de problèmes, mais que le contexte choisi n'était pas le meilleur pour eux. Une approche individualisée ou en petits groupes serait à envisager et à mettre à l'essai.

En somme, la recommandation d'une approche individualisée va dans le même sens que ce que propose le Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (2007) dans sa politique devant guider l'organisation des services éducatifs aux élèves à risque et en difficulté d'adaptation et d'apprentissage. Afin d'assurer la réussite de tous les élèves, les interventions préventives ainsi que leur individualisation aux besoins des élèves sont à favoriser. Si l'intégration en classe ordinaire des élèves les plus faibles est la voie à privilégier selon le ministère (MELS, 2007), il nous apparait important de mettre en lumière que les élèves en difficulté ont des besoins particuliers et que des résultats comme ceux de la présente étude ne font que renforcer l'idée que les interventions en grand groupe, aussi bonnes puissent-elles être, ne conviennent pas toujours aux élèves les plus faibles. Des mesures permettant une aide individualisée devraient donc aller de pair avec cette volonté d'intégrer le plus possible les élèves en difficulté dans les classes régulières.

CONCLUSION

Dans le cadre de cette étude, nous voulions évaluer l'effet d'une intervention visant à enseigner l'habileté à faire des inférences sur le rendement des élèves qui présentent le plus bas niveau d'habiletés en mathématiques. Notre intérêt pour les élèves les plus faibles vient du fait que ceux-ci seraient particulièrement faibles en résolution de problèmes écrits. S'ils sont plus faibles que leurs pairs à toutes les tâches de mathématiques, ils ont encore davantage de difficultés en résolution de problèmes (Jordan et Hanich, 2000). Apprendre à résoudre des problèmes est une activité qui transcende les matières scolaires. Elle forme les élèves à faire face aux éventuels problèmes qu'ils vivront dans leur vie personnelle et professionnelle (Lesh et Zawojewski, 2007; Schoenfeld, 1992), d'où son rôle central dans les différents curriculums scolaires. Aider ces élèves précisément à réduire l'écart qui les sépare de leurs pairs à cette activité des mathématiques constituait donc un intérêt considérable.

Une intervention axée sur l'enseignement des inférences a été élaborée. Vérifier l'effet de cette intervention sur l'écart de rendement en résolution de problèmes entre les élèves les plus faibles de l'échantillon et leurs pairs est l'objectif que nous avons poursuivi. L'habileté à émettre des inférences jouant notamment un rôle de premier plan dans la création des représentations inhérentes à la compréhension d'un énoncé écrit (Kintsch et Greeno, 1985), nous avancions que de travailler cette habileté viendrait davantage en aide aux élèves les plus faibles. Cette hypothèse venait du fait que ces élèves ont des difficultés particulières à créer leurs représentations des problèmes (Krawec, 2014; van Garderen et Montague, 2003; van Garderen, Scheuermann et Jackson, 2012).

Pour atteindre notre objectif, un devis quasi expérimental avec groupes témoin et expérimental a été utilisé. Tous les élèves ont été évalués sur leur rendement en résolution de problèmes écrits avant et après l'intervention. Pour les analyses, les élèves ont été séparés en trois sous-groupes selon leur rendement en mathématiques. Les analyses de covariance utilisées pour vérifier l'effet de l'intervention sur le rendement en résolution de problèmes de chacun des sous-groupes ne nous ont pas permis de valider notre hypothèse de recherche. En effet, sans dire que les élèves les plus faibles n'ont pas bénéficié de l'approche, ce sont les élèves de niveau faible à moyen qui en ont le plus profité.

D'un point de vue théorique, nos résultats nous permettent de consolider le lien entre l'habileté à faire des inférences et le rendement en résolution de problèmes écrits en établissant un lien de cause à effet entre les deux habiletés. Bien que nous n'ayons pas été en mesure de montrer que l'intervention a eu un effet significatif sur le rendement des élèves les plus faibles, un effet significatif a été obtenu pour les élèves de niveau faible à moyen lorsque l'intervention a été prodiguée en contexte de classe. Si l'intervention est individualisée aux élèves les plus faibles, nous émettons l'hypothèse qu'elle pourrait leur venir en aide d'une façon plus signifiante. En somme, notre étude permet d'expliciter davantage comment le lien théorique entre la lecture et la résolution de problèmes écrits peut être exploité en classe. Miser sur l'habileté à faire des inférences en lecture se présente comme étant une autre façon d'intervenir pour aider les élèves, du moins les élèves de niveau faible à moyen, à comprendre les problèmes écrits sans leur souffler la réponse. Il s'agit assurément d'une piste d'intervention intéressante à exploiter par les enseignants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdi, H. (2007). The Bonferonni and Sidák corrections for multiple comparisons. Dans N. J. Salkind (Ed.), *Encyclopedia of Measurement and Statistics* (vol.1). Thousand Oaks, Californie: Sage publications, inc.

Andersson, U. (2008). Mathematical Competencies in Children with Different Types of Learning Difficulties. *Journal of Educational Psychology, 100*(1), 48-66.

Andre, T. (1986). Problem solving and education. Dans G.D. Phye et T. Andre (dir.), *Cognitive classroom learning: Understanding, thinking, and problem solving* (p. 169-204). Toronto, Ontario: Academic Press Inc.

Baker, L. et Stein, N. (1981). The development of prose comprehension skills. Dans C.M. Santa et B. L. Hayes (dir.), *Children's prose comprehension : Research and practice* (p.7-43). Newark, New Jersey : International Reading Association.

Barrouillet, P., Bernardin, S., Portrat, S., Vergauwe, E. et Camos, V. (2007). Time and cognitive load in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 33*, 570–585.

Bartelet, D., Ansari, D., Vaessen, A. et Blomert, L. (2014). Cognitive subtypes of mathematics learning difficulties in primary education. *Research in Developmental Disabilities, 35*(3), 657-670.

Blouet, N. et Marin, B. (2010). Des effets d'une pédagogie explicite sur l'élaboration d'inférences par des élèves faibles lecteurs. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation,* (4), 31-46.

Bintz, W. P., Moran, P. P., Berndt, R., Ritz, E., Skilton, J. A. et Bircher, L. S. (2012). Using Literature to Teach Inference across the Curriculum. *Voices from the Middle, 20*(1), 16-24.

Boonen, A. J. H., van der Schoot, M., van Wesel, F., de Vries, M. H. et Jolles, J. (2013). What underlies successful word problem solving? A path analysis in sixth grade students. *Contemporary Educational Psychology, 38*(3), 271-279. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2013.05.001

Boonen, A. J. H., van Wesel, F., Jolles, J. et van der Schoot, M. (2014). The role of visual representation type, spatial ability, and reading comprehension in word problem solving: An item-level analysis in elementary school children. *International Journal of Educational Research, 68*, 15-26. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijer.2014.08.001

Bowyer-Crane, C. Et Snowling, M. J. (2005). Assessing children's inference generation: What do tests of reading comprehension measure? *British Journal of Educational Psychology, 75*(2), 189-201.

Boyer, C. (1993). *Enseignement explicite de la compréhension en lecture*. Boucherville, Québec : Graficor.

Cain, K. (2010). *Reading development and difficulties* (Vol. 8). Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons.

Cain, K. et Oakhill, J. V. (1999). Inference Making Ability and Its Relation to Comprehension Failure in Young Children. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal, 11*(5-6), 489-503.

Cain, K, Oakhill, J. V. et Bryant, P. E. (2004). Children's reading comprehension ability : Concurrent prediction by working memory, verbal ability, and component skill. *Journal of Educational Psychology, 96* (1), 31-42.

Carter, T. A. et Dean, E. O. (2006). Mathematics Intervention for Grades 5-11: Teaching Mathematics, Reading, or Both? *Reading Psychology, 27*(2-3), 127-146.

Cirino, P. T., Fuchs, L. S., Elias, J. T., Powell, S. R. et Schumacher, R. F. (2015). Cognitive and Mathematical Profiles for Different Forms of Learning Difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 48*(2), 156-175.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2e éd.). New York, New York: Lawrence Erlbaum Associates.

Cowan, R. et Powell, D. (2014). The Contributions of Domain-General and Numerical Factors to Third-Grade Arithmetic Skills and Mathematical Learning Disability. *Journal of Educational Psychology, 106*(1), 214-229.

Cummins, D. D., Kintsch, W., Reusser, K. et Weimer, R. (1988). The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology, 20*(4), 405-438.

Davidson, J. E. et Sternberg, R. J. (1998). Smart Problem Solving: How Metacognition Helps. Dans D. J. Hacker, J. Dunlosky et A. C. Graesser (dir.), *Metacognition in Educational Theory and Pratice* (pp. 47-68). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Davoudi, M. (2005). Inference generation skill and text comprehension. *The Reading Matrix, 5*(1).

De Weerdt, F., Desoete, A. et Roeyers, H. (2013). Working Memory in Children with Reading Disabilities and/or Mathematical Disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 46*(5), 461-472.

Ewing, B. F. (2011). Direct instruction in mathematics: Issues for schools with high indigenous enrolments: A literature review. *Australian Journal of Teacher Education, 36*(5), 63-91.

Fagnant, A., Demonty, I. et Lejong, M. (2003). La résolution de problèmes: un processus complexe de «modélisation mathématique ». *Bulletin d'informations pédagogiques(54)*.

Falardeau, É. (2003). Compréhension et interprétation: deux composantes complémentaires de la lecture littéraire. *Revue des sciences de l'éducation, 29*(3), 673-694.

Fortin, M.-F. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche* (2e ed.). Montréal, Québec : Chenelière.

Fuchs, L. S. et Fuchs, D. (2002). Mathematical problem-solving profiles of students with mathematics disabilities with and without comorbid reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 35*(6), 564-574.

Fuchs, L. S., Fuchs, D. et Compton, D. L. (2013). Intervention Effects for Students with Comorbid Forms of Learning Disability: Understanding the Needs of Nonresponders. *Journal of Learning Disabilities, 46*(6), 534-548.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Hamlett, C. L. et Wang, A. Y. (2015). Is Word-Problem Solving a Form of Text Comprehension? *Scientific Studies of Reading, 19*(3), 204-223.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., Schatschneider, C. et Fletcher, J. M. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology, 98*(1), 29-43.

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Prentice, K., Hamlett, C. L., Finelli, R. et Courey, S. J. (2004). Enhancing Mathematical Problem Solving Among Third-Grade Students With Schema-Based Instruction. *Journal of Educational Psychology, 96*(4), 635-647. doi: 10.1037/0022-0663.96.4.635

Fuchs, L. S., Seethaler, P. M., Powell, S. R., Fuchs, D., Hamlett, C. L., et Fletcher, J. M. (2008). Effects of preventative tutoring on the mathematical problem solving of third-grade students with math and reading difficulties. *Exceptional Children, 74*(2), 155-173.

Giasson, J. (2003). *La lecture : De la théorie à la pratique* (2e éd.). Montréal, Québec : Gaëtan Morin Éditeur.

Giasson, J. (2011). *La lecture : Apprentissage et difficultés*. Montréal, Québec : Chenelière Éducation inc.

Giroux, J. (2014). Les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : Historique et perspectives théoriques. Dans C. Mary, H. Squalli, L. Theis et L. Deblois (dir.), *Recherches sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques : regard didactique* (p.11-44). Québec, Québec : Presses de l'Université du Québec.

Goupil, G. (2007). *Les élèves en difficulté d'adaptation et d'apprentissage* (3e éd.). Montréal, Québec : Les Éditions de la Chenelière inc.

Graesser, A. C., Singer, M. et Trabasso, T. (1994). Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review, 101*(3), 371-395.

Hayes, J. R. (1981). *The complete problem solver*. Philadelphie, Pennsylvanie : The Franklin InstituePress.

Hayes, J. R. (1989). *The complete problem solver* (2e éd.). Hillsdale, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Hegarty, M. et Mayer, R. E. (1992). Comprehension of arithmetic word problems:Evidence from students' eye fixations. *Journal of Educational Psychology, 84*(1),76.

Hegarty, M., Mayer, R. E. et Monk, C. A. (1995). Comprehension of arithmetic word problems: A comparison of successful and unsuccessful problem solvers. *Journal of Educational Psychology, 87*(1), 18-32. doi: 10.1037/0022-0663.87.1.18

Hopkins, M., Williams, K. et Ratanapraphart, P. (2012). Intersections: The Search for Overlapping Thought Processes in Reading Comprehension and Mathematical Problem Solving. *Florida Association of Teacher Educators Journal, 1*(12), 25-30.

Howell, D.C. (2008). *Méthodes statistiques en sciences humaines* (6e éd.; traduit par M. Rogier, V. Yzerbyt et Y. Bestgen). Bruxelles, Belgique : Éditions De Boeck Université.

Imam, O. A., Mastura, M. A. et Jamil, H. (2013). Correlation between reading comprehension skills and students' performance in mathematics. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE), 2*(1), 1-8.

Jiménez-Fernández, G. (2015). Detective Questions A Strategy for Improving Inference-Making in Children With Mild Disabilities. *Intervention in School and Clinic, 51*(1), 45-50.

Jitendra, A. K., Petersen-Brown, S., Lein, A. E., Zaslofsky, A. F., Kunkel, A. K., Jung, P.-G., et Egan, A. M. (2015). Teaching Mathematical Word Problem Solving: The Quality of Evidence for Strategy Instruction Priming the Problem Structure. *Journal of Learning Disabilities, 48*(1), 51-72.

Jitendra, A. K., Rodriguez, M., Kanive, R., Huang, J.-P., Church, C., Corroy, K. A. et Zaslofsky, A. (2013). Impact of small-group tutoring interventions on the mathematical problem solving and achievement of third-grade students with mathematics difficulties. *Learning Disability Quarterly, 36*(1), 21-35.

Jitendra, A. K., Sczesniak, E. et Deatline-Buchman, A. (2005). An ExploratoryValidation of Curriculum-Based Mathematical Word Problem-Solving Tasks asIndicators of Mathematics Proficiency for Third Graders. *School Psychology Review, 34*(3), 358-371.

Jitendra, A. K. et Star, J. R. (2011). Meeting the Needs of Students With Learning Disabilities in Inclusive Mathematics Classrooms: The Role of Schema-Based Instruction on Mathematical Problem-Solving. *Theory Into Practice, 50*(1), 12-19. doi: 10.1080/00405841.2011.534912

Jolivette, K., Lingo, A. S., Houchins, D. E., Barton-Arwood, S. M. et Shippen, M. E. (2006). Building Math Fluency for Students with Developmental Disabilities and Attentional Difficulties Using Great Leaps Math. *Education and Training in Developmental Disabilities, 41*(4), 392-400.

Jordan, N. C. et Hanich, L. B. (2000). Mathematical thinking in second-grade children with different forms of LD. *Journal of Learning Disabilities, 33*(6), 567-578.

Kapur, M. (2014). Productive Failure in Learning Math. *Cognitive Science, 38*(5), 1008-1022.

Kintsch, W. (1998). *Comprehension: a paradigm for cognition.* New York, New York: Cambridge University Press.

Kintsch, W. et Greeno, J. G. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological review, 92*(1), 109-129.

Kintsch, W. et van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review, 85*, 363-394.

Kispal, A. (2008). *Effective teaching of inference skills for reading* (Research Report DCSF-RR031). Cheshire, UK: National Foundation for Educational Research, Department of Education (Division of Children, School and Families).

Kyttälä, M. et Björn, P. M. (2014). The role of literacy skills in adolescents' mathematics word problem performance: Controlling for visuo-spatial ability and mathematics anxiety. *Learning and Individual Differences, 29*(0), 59-66. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2013.10.010

Krawec, J. L. (2014). Problem Representation and Mathematical Problem Solving of Students of Varying Math Ability. *Journal of Learning Disabilities, 47*(2), 103-115. doi: 10.1177/0022219412436976

Kroesbergen, E. H. et Van Luit, J. E. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs a meta-analysis. *Remedial and Special Education, 24*(2), 97-114.

Laflamme, J. (2009). La lecture en situation de résolution de problèmes mathématiques. *Bulletin AMQ, 49*(1), 46-64.

Lesh, R. et Zawojewski, J. (2007). Problem Solving and Modeling. Dans F. K. Lester (dir.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning : a project of the National council of teachers of mathematics* (p.763-794). Charlotte, Caroline du Nord : Information Age Publishing, Inc.

Lupien, C. (2010). *Les difficultés langagières des élèves francophones de 15 ans lors de la résolution de problèmes en mathématiques*. Mémoire de maîtrise inédit, Université du Manitoba, Canada.

Mayer, R. E. (1985). Mathematical ability. Dans R. J. Sternberg (dir.), *Human abilities: An information processing approach* (p. 127-150). New York, New York: W.H. Freeman.

Mayer, R. E. (2010). Problem solving and reasoning. Dans V. G. Aukrust (dir.), *Learning and cognition in education* (p.112-117). Kindlington, Oxford: Elsevier Ltd.

Mazzocco, M. M. M. (2007). Defining and differentiating mathematical learning disabilities and difficulties. Dans D. Berch et M. M. M. Mazzocco (dir.), *Why is math so hard for some children?: The nature and origins of mathematical learning difficulties* (p.29-47). Baltimore, Maryland: Paul H. Brookes Publishing Co.

McGee, A. et Johnson, H. (2003) The effect of inference training on skilled and less skilled comprehenders. *Educational Psychology, 23*(1), 49-59.

Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. (2015). *Indices de défavorisation par école*. Repéré à http://www.education.gouv.qc.ca/references/publications/resultats-de-la-recherche/detail/article/indices-de-defavorisation/

Ministère de l'Éducation du Québec. (2003). *Les difficultés d'apprentissage à l'école: Cadre de référence pour guider l'intervention.* Québec, Québec: Gouvernement du Québec.

Ministère de l'Éducation du Québec. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise*. Québec, Québec : Gouvernement du Québec.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2007). *L'organisation des services éducatifs aux élèves à risque et aux élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage (EHDAA).* Québec, Québec: Gouvernement du Québec.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2011). *Lignes directrices pour l'intégration scolaire des élèves handicapés ou en difficulté d'adaptation ou d'apprentissage*. Québec, Québec : Gouvernement du Québec.

Montague, M. (2008). Self-regulation strategies to improve mathematical problem solving for students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly, 31*(1), 37-44.

Moran, A. S., Swanson, H. L., Gerber, M. M. et Fung, W. (2014). The Effects of Paraphrasing Interventions on Problem-Solving Accuracy for Children at Risk for Math Disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice (Wiley-Blackwell), 29*(3), 97-105. doi: 10.1111/ldrp.12035

Moreau, S.-V. et Coquin-Viennot, D. (2003). Comprehension of arithmetic word problems by fifth-grade pupils: Representations and selection of information. *British Journal of Educational Psychology, 73*(1), 109-121.

Morsanyi, K., Devine, A., Nobes, A. et Szücs, D. (2013). The link between logic, mathematics and imagination: evidence from children with developmental dyscalculia and mathematically gifted children. *Developmental Science, 16*(4), p.542-553. doi : 10.1111/desc.12048

Muth, K. D. (1984). Solving arithmetic word problems: Role of reading and computational skills. *Journal of Educational Psychology, 76*(2), 205-210. doi: 10.1037/0022-0663.76.2.205

Nathan, M. J., Kintsch, W. et Young, E. (1992). A theory of algebra-word-problem comprehension and its implications for the design of learning environments. *Cognition and Instruction, 9*(4), 329-389.

National Council of Teachers of Mathematics. (2014). *Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All*. Reston, Virginie : NCTM.

OCDE (2014). *Résultats du PISA 2012 : Savoirs et savoir-faire des élèves : Performance des élèves en mathématiques, en compréhension de l'écrit et en sciences (Volume I), PISA*. Éditions OCDE. Repéré à http://dx.doi.org/10.1787/9789264208827-fr

Office de la qualité et de la responsabilité en éducation. (2011). *Programme pancanadien d'évaluation (2010) : Rapport de l'Ontario*. Repéré à http://www.eqao.com/fr/tests/evaluations-nationales-internationales/PPCE/Docs%20dvaluation/PPCE-rapport-ontario-2010.pdf

Österholm, M. (2006). Characterizing reading comprehension of mathematical texts. *Educational Studies in Mathematics, 63*(3), 325-346.

Pfannenstiel, K. H., Bryant, D. P., Bryant, B. R. et Porterfield, J. A. (2015). Cognitive Strategy Instruction for Teaching Word Problems to Primary-Level Struggling Students. *Intervention in School and Clinic, 50*(5), 291-296.

Poirier, L. (2001). *Enseigner les maths au primaire : Notes didactiques*. Saint-Laurent, Québec : ERPI.

Polotskaia, E., Savard, A. et Freiman, V. (2015). Duality of mathematical thinking when making sense of simple word problems : theoretical essay. *Eurasia journal of mathematics, science & technology education, 11*(2), 251-261.

Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, New Jersey : Princeton University Press.

Powell, S. R. et Fuchs, L. S. (2015). Intensive Intervention in Mathematics. *Learning Disabilities Research & Practice (Wiley-Blackwell), 30*(4), 182-192. doi: 10.1111/ldrp.12087

Powell, S. R., Fuchs, L. S., Fuchs, D., Cirino, P. T. et Fletcher, J. M. (2009). Do Word-Problem Features Differentially Affect Problem Difficulty as a Function of Students' Mathematics Difficulty with and without Reading Difficulty? *Journal of Learning Disabilities, 42*(2), 99-110.

Powell, S. R. et Stecker, P. M. (2014). Using Data-Based Individualization to Intensify Mathematics Intervention for Students With Disabilities. *TEACHING Exceptional Children, 46*(4), 31-37. doi: 10.1177/0040059914523735

Pullen, P. C., Lane, H. B., Ashworth, K. E. et Lovelace, S. P. (2011). Learning Disabilities. Dans Kauffman, J. M. et Hallahan, D. P. (dir.), *Handbook of Special Education* (p.187-197). New York, New York: Routledge.

Re, A. M., Pedron, M., Tressoldi, P. E. et Lucangeli, D. (2014). Response to Specific Training for Students With Different Levels of Mathematical Difficulties. *Exceptional Children, 80*(3), 337-352.

Reed, D. K. et Lynn, D. (2016). The Effects of an Inference-Making Strategy Taught with and without Goal Setting. *Learning Disability Quarterly, 39*(3), 133-145.

Reusser, K. (1990). From text to situation to équation: Cognitive simulation of understanding and solving mathematical word problems. Dans H. Mandl, E. De Corte, S. N. Bennett et H. F. Friedrich (dir.), *Learning & Instruction: European Research in an International Context* (Vol. 2, p. 477-498). Oxford, United Kingdom: Pergamon Press.

Richards, J. C. et Anderson, N. A. (2003). How do you know? A strategy to help emergent readers make inferences. *The Reading Teacher, 57*(3), 290-293.

Rotherham, A. J. et Willingham, D. T. (2010). "21st-Century" Skills: Not New, but a Worthy Challenge. *American Educator, 34*(1), 17-20.

Savoie-Zajc, L. et Karsenti, T. (2004). La méthodologie. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (dir.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (3e éd., p.109-121). Sherbrooke, Québec : Éditions du CRP.

Shin, M. et Bryant, D. P. (2015). A Synthesis of Mathematical and Cognitive Performances of Students with Mathematics Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 48*(1), 96-112.

Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. Dans D. Grouws (dir.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, (p.334-370). New York, New York : MacMillan.

Schwartz, D. L., Chase, C. C., Oppezzo, M. A. et Chin, D. B. (2011). Practicing versus inventing with contrasting cases: The effects of telling first on learning and transfer. *Journal of Educational Psychology, 103*(4), 759.

Seo, Y.-J. et Bryant, D. (2012). Multimedia CAI Program for Students With Mathematics Difficulties. *Remedial & Special Education, 33*(4), 217-225. doi: 10.1177/0741932510383322

Sovik, N., Frostad, P. et Heggberget, M. (1999). The Relation between Reading Comprehension and Task-Specific Strategies Used in Arithmetical Word Problems. *Scandinavian Journal of Educational Research, 43*(4), 371-398.

Swanson, H. L. et Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology, 96*(3), 471.

Swanson, H. L., Lussier C. M. et Orosco, M. J. (2015). Cognitive Strategies, Working Memory, and Growth in Word Problem Solving in Children With Math Difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 48*(4), 339-358. doi: 10.1177/0022219413498771

Swanson, H. L., Moran, A., Lussier, C. et Fung, W. (2014). The Effect of Explicit and Direct Generative Strategy Training and Working Memory on Word Problem-Solving Accuracy in Children at Risk for Math Difficulties. *Learning Disability Quarterly, 37*(2), 111-123. doi: 10.1177/0731948713507264

Swanson, H. L., Orosco, M. J. et Lussier, C. M. (2014). The Effects of Mathematics Strategy Instruction for Children With Serious Problem-Solving Difficulties. *Exceptional Children, 80*(2), 149-168.

Van Dijk, T. A. et Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension.* New York, New York: Academic Press.

Van Garderen, D. et Montague, M. (2003). Visual-spatial representation, mathematical problem solving, and students of varying abilities. *Learning Disabilities Research & Practice, 18*(4), 246-254.

Van Garderen, D., Scheuermann, A. et Jackson, C. (2012). Examining How Students With Diverse Abilities Use Diagrams to Solve Mathematics Word Problems. *Learning Disability Quarterly, 36*(3), 145-160. doi: 10.1177/0731948712438558

Verschaffel, L., Greer, B. et De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems*. Lisse, The Netherlands: Swets & Zeitlinger Publishers.

Vilenius-Tuohimaa, P. M., Aunola, K. et Nurmi, J.-E. (2008). The Association between Mathematical Word Problems and Reading Comprehension. *Educational Psychology, 28*(4), 409-426.

Voyer, D. (2006). *L'influence de facteurs liés à l'élève ou à l'énoncé sur la compréhension en résolution de problèmes écrits d'arithmétique* (Thèse de doctorat, Université Laval). Repéré à http://theses.ulaval.ca/archimede/meta/23719

Voyer, D., Beaudoin, I. et Goulet, M.-P. (2012). De la lecture à la résolution de problèmes: des habiletés spécifiques à développer. *Canadian Journal of Education/Revue canadienne de l'éducation, 35*(2), 401-421.

Voyer, D. et Goulet, M-P. (2013). La compréhension de problèmes écrits d'arithmétiqueau regard de l'habileté en lecture d'élèves de sixième année (11 ans). *Revue des sciences de l'éducation, 39*(3), 491-513.

Williams, J. P. (2005). Instruction in reading comprehension for primary-grade students a focus on text structure. *The Journal of Special Education, 39*(1), 6-18.

Willoughby, S. S. (1990). *Mathematics education for a changing world*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Xin, Y. P., Jitendra, A. K. et Deatline-Buchman, A. (2005). Effects of mathematical word Problem—Solving instruction on middle school students with learning problems. *The Journal of Special Education, 39*(3), 181-192.

Zhang, D. et Xin, Y. P. (2012). A Follow-Up Meta-Analysis for Word-Problem-Solving Interventions for Students with Mathematics Difficulties. *Journal of Educational Research, 105*(5), 303-318.

Zheng, X., Flynn, L. J. et Swanson, H. L. (2013). Experimental Intervention Studies on Word Problem Solving and Math Disabilities: A Selective Analysis of the Literature. *Learning Disability Quarterly, 36*(2), 97-111.