

Le soutien à l'apprentissage en arithmétique au préscolaire, une recherche s'inspirant de la mise en place du modèle de la réponse à l'intervention (RAI)

**Isabelle
Deshaies**

Ph. D., professeure
Université du Québec à Trois-Rivières
isabelle.deshaies2@uqtr.ca

**Karine
Dansereau**

Étudiante à la maîtrise en éducation, enseignante
Centre de services de la Riveraine
karine.dansereau@uqtr.ca

Résumé

Cet article présente un projet de recherche exploratoire concernant le soutien à l'apprentissage chez les enfants à l'éducation préscolaire. Cette recherche s'inspire du modèle de la réponse à l'intervention (RAI) pour mieux soutenir le développement des habiletés mathématiques chez cette clientèle. À la suite de la mise en place d'une intervention universelle ciblant le développement des habiletés mathématiques et l'analyse des indicateurs d'observation, 12 enfants ont nécessité le besoin d'un soutien à l'apprentissage. Afin de vérifier si le questionnement et l'étyage sont des avenues prometteuses en termes de soutien à l'apprentissage en mathématiques, deux types d'interventions furent mises en place. Les résultats indiquent la pertinence du questionnement et de l'étyage comme soutien à l'apprentissage. Des recommandations pour la pratique sont également proposées.

1. Problématique

Les résultats de l'enquête menée par Simard et al. (2018) démontrent qu'au Québec, un peu plus d'un enfant à la maternelle sur quatre présente une vulnérabilité dans au moins un des cinq domaines de développement (physique et moteur, langagier, cognitif, social et affectif). Ces résultats permettent de faire le point sur le développement global des enfants à l'éducation préscolaire ainsi que sur les critères liés à la vulnérabilité¹. Près de la moitié des enfants considérés comme vulnérables le sont dans un seul domaine de développement, le quart dans deux domaines et l'autre quart, dans trois domaines ou plus (Simard et al., 2018). Comme le mentionnent Simard et al. (2018, p. 39) « les enfants vulnérables sont plus susceptibles de présenter des difficultés liées à l'apprentissage scolaire que les autres. » Toujours selon cette enquête, pour le domaine « Développement cognitif et langagier », les résultats indiquent qu'en 2017, au Québec, 11,1% des enfants de la maternelle sont considérés comme vulnérables dans ce domaine, ce qui représente plus de 9 500 enfants.

¹ « Un enfant est considéré vulnérable lorsque son score pour un domaine de développement est égal ou inférieur au score correspondant au 10^e centile de la distribution des scores de la population de référence représentée par les enfants du Québec à la maternelle en 2012. » (Simard et al., 2018, p. 39)

Bien que ce nombre puisse paraître élevé, nous savons que les enfants qui sont dits vulnérables à l'éducation préscolaire ne le seront possiblement pas tous, tout au long de leur parcours scolaire (Institut de la statistique du Québec, 2018). Toutefois, les enfants dits vulnérables semblent plus à risque d'être moins outillés (p.ex., difficulté à communiquer clairement ses besoins ou suivre des routines) ou d'obtenir des performances plus faibles que les autres par rapport aux cinq domaines de développement (Institut de la statistique du Québec, 2018).

Présenter des vulnérabilités à l'éducation préscolaire n'est pas sans conséquence sur la réussite éducative future de l'enfant. Les recherches de Brinkman et al. (2013) ainsi que Kershaw et al. (2010) démontrent un lien entre le niveau de développement de l'enfant à l'éducation préscolaire, l'adaptation sociale et la réussite scolaire ultérieure. La recherche de Forget-Dubois et al. (2007) ainsi que celle de Lemelin et Boivin (2007) nous démontre également qu'un niveau plus faible de développement à l'éducation préscolaire, dans un ou l'autre des cinq domaines de développement, est associé à de moins bons rendements scolaires, de façon générale, en première année. Plus précisément, la méta-analyse de Duncan et al. (2007) démontrent que les habiletés en mathématiques et celle en lecture (à un niveau moindre), présentes à l'éducation préscolaire, semblent les caractéristiques les plus fortement associées à la réussite scolaire en première et en troisième année du primaire. Selon ces chercheurs, les habiletés en prémathématiques semblent fortement reliées à la réussite scolaire de l'enfant, à la fois en lecture et en mathématiques. Une association paraît donc évidente entre le

développement des habiletés mathématiques chez l'enfant à l'éducation préscolaire et la réussite scolaire de ce dernier.

Actuellement, la formation initiale des enseignants offre seulement deux ou trois cours obligatoires concernant l'éducation préscolaire. Il est donc possible que ces derniers semblent moins bien outillés par rapport à la compréhension de l'ensemble des connaissances issues du domaine des mathématiques à l'éducation préscolaire. Comme le mentionne l'étude de Casavant et Nunez-Moscoso (2020) qui porte sur l'insertion professionnelle, les enseignants reconnaissent qu'il est essentiel de se sentir compétents dans le ou les domaines d'apprentissage qu'ils enseignent. Or, qu'ils exercent à l'éducation préscolaire ou au primaire, ils se disent souvent compétents pour proposer des situations pédagogiques concernant le français, mais ne mentionnent pas les mathématiques, ce qui laisse peut-être entendre une moins bonne compréhension des connaissances par rapport à cette discipline fondamentale (Casavant et Nunez-Mosoco, 2020).

En contrepartie, la plupart des recherches en didactique des mathématiques montrent que les premiers apprentissages en mathématiques, à la petite enfance, jouent un rôle important dans le fait d'éprouver ou non des difficultés dans cette discipline, mais aussi que les premières habiletés en mathématiques (p.ex., un faible sens du nombre (c.-à-d. un déficit du traitement des représentations non symboliques du nombre et une altération des représentations numériques mentales), des difficultés à reconnaître et comparer les nombres, des difficultés à compter et énumérer des séries d'objets et à nommer des nombres, des difficultés dans le calcul

non verbal [Jordan, 2010]) sont un important prédicteur de la réussite scolaire (Clark et al. 2010; García Coll et al., 2007; Rourke et Conway, 1997).

En ce sens, le mandat du programme-cycle d'éducation préscolaire (ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur [MEES], 2020, p. 1) précise que l'enseignant doit « mettre en œuvre des interventions préventives; en procurant des activités de prévention universelle et en procurant des pratiques d'intervention ciblée ». Ces interventions visent à assurer la qualité éducative pour tous. De plus, selon le ministère de l'Éducation (MEES, 2020, p. 3), « mettre en œuvre des mesures de prévention, c'est porter un regard attentif sur chaque enfant afin de soutenir son développement global selon sa maturité, son rythme et ses besoins. C'est plus concrètement, offrir des activités spécifiques et régulières à tous les enfants afin de favoriser des apprentissages relatifs à certains déterminants de la réussite scolaire, notamment le langage oral, la lecture et les mathématiques. » En ce sens, les recherches de Hughes et Dexter (2011) ainsi que Bédard et al. (2002) ont démontré qu'il est préférable de dépister les enfants, dès le préscolaire ou la première année, afin de permettre une intervention rapide auprès de ceux nécessitant des besoins particuliers. Cela dit, l'intervention précoce vise à favoriser les compétences des jeunes enfants dans toutes les sphères développementales (Case-Smith et O'Brien, 2010). Le terme intervention précoce est utilisé pour désigner toutes les interactions réalisées de façon préventive auprès d'un enfant, dans le but de minimiser les difficultés d'adaptation ou les difficultés d'apprentissage (Larose et al., 2004). Certains chercheurs utilisent également le terme intervention éducative au préscolaire pour parler des interventions faites

spécifiquement auprès des enfants âgés de 5 ans (Larose et al., 2004; Richard et al., 2005). Une question se pose; comment offrir un soutien concernant les habiletés mathématiques chez les enfants qui en éprouvent le besoin à l'éducation préscolaire dans une visée de réussite éducative pour tous?

Cet article propose une démarche de soutien en amont concernant les premières habiletés en mathématique; plus précisément en lien avec les déterminants en arithmétique chez les enfants du préscolaire. Ce projet de recherche réalisé lors de l'année scolaire 2019-2020 met en lumière la mise en place du modèle de la réponse à l'intervention (RAI) au préscolaire pour le domaine cognitif, plus précisément les mathématiques. Ainsi, par la présentation du cadre théorique, de la problématique, des résultats de la recherche, nous sommes à même de constater des nuances à apporter quant à la mise en place du modèle de la RAI à l'éducation préscolaire.

2. Cadre théorique

2.1 Les déterminants essentiels en arithmétique

La recherche montre qu'actuellement, il existe trois déterminants de la réussite éducative en arithmétique au préscolaire 5 ans : le sens des nombres, le lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique, et le contrôle inhibiteur (Deshaies et al., 2015). Or ces trois déterminants joueraient possiblement un rôle concernant la réussite éducative à venir (Deshaies et al., 2020). Voici une présentation de ceux-ci.

2.1.1 Sens des nombres

Le sens des nombres est lié à l'idée de grandeur des nombres et au sens approximatif du nombre (Dehaene, 2011). Il s'agit en fait de la capacité à distinguer, parmi deux ensembles de points ou d'objets, lequel est supérieur ou inférieur à l'autre sans avoir recours aux stratégies de dénombrement. Toutefois, le sens des nombres n'est pas suffisant pour construire les différentes notions mathématiques, mais il est essentiel pour construire le nombre sous sa forme symbolique.

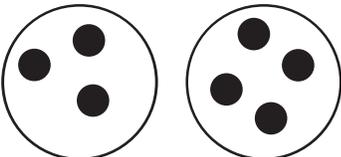
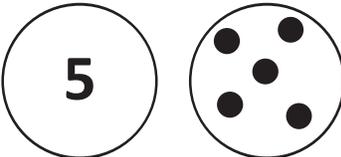
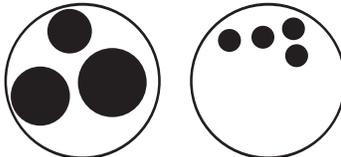
2.1.2 Lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique

Selon Dehaene (2011), lorsque l'enfant atteint l'âge de 3-4 ans, au cours de son acquisition du langage oral, il apprend progressivement la relation entre des quantités et des nombres arabes; ce qui lui permet d'acquérir progressivement les nombres sous leur forme symbolique. Autrement dit, il apprend à établir des liens entre la capacité à discriminer des quantités et leur représentation symbolique. Ce lien fait référence aux habiletés de dénombrement (Bideaud et al., 2004; Gelman, 1972; Gelman et Meck, 1983, Noël, 2005;), à la comparaison des nombres (Baroody, 1987; Van Nieuwenhoven, 1999), à l'acquisition du système arabe (Piaget, 1952), à la conservation du nombre (Piaget, 1952, Van Nieuwenhoven, 1999) et à la résolution de problèmes (Carpenter et al., 1981; Carpenter et Moser, 1984; Fayol, 1991 et Riley et al., 1983;).

2.1.3 Le contrôle inhibiteur

Toutefois, apprendre à l'école nécessite parfois d'apprendre à bloquer des stratégies utilisées spontanément, mais qui peuvent s'avérer inappropriées dans certains contextes. Ainsi, en plus du sens des nombres et du lien qui existe entre le sens des nombres et le nombre symbolique, il s'avère essentiel d'enseigner des stratégies liées au contrôle inhibiteur, et ce, dès l'éducation préscolaire (Deshaies et al., 2015 ; Houdé et al., 2011; Lubin et al., 2012). Il s'agit d'ailleurs d'une des fonctions exécutives mentionnées dans le programme-cycle d'éducation préscolaire (MEES, 2020). Le contrôle inhibiteur se définit comme étant une forme de contrôle neurocognitif et comportemental permettant aux enfants de résister aux habitudes, aux tentations, aux distractions, et de s'adapter aux situations complexes (Houdé et al., 2011). Ce contrôle permet notamment aux enfants d'âge préscolaire de ne pas se laisser flouer par la stratégie visuo-spatiale telle que la longueur de la distribution d'un ensemble influence le nombre ou que la grosseur des objets est liée à la quantité (p.ex., plus un objet est gros, plus grande est sa valeur). Nous pouvons notamment faire un lien avec le principe d'abstraction. Voici un exemple d'activités de chacun des déterminants de la réussite en arithmétique.

Figure 1
Exemples d'activités travaillant les trois déterminants de la réussite en mathématiques

| SENS DES NOMBRES | LIEN ENTRE LE SENS DES NOMBRES ET LE NOMBRE SYMBOLIQUE | LE CONTRÔLE INHIBITEUR |
|--|---|---|
| <p>Consigne à l'enfant : détermine l'ensemble ayant le plus grand nombre de points noirs (3 secondes sont allouées pour observer les ensembles et faire un choix).</p>  | <p>Consigne à l'enfant : détermine l'ensemble ayant la plus grande valeur (3 secondes sont allouées pour observer les ensembles et faire un choix).</p>  | <p>Consigne à l'enfant: détermine l'ensemble ayant le plus grand nombre de points noirs (3 secondes sont allouées pour observer les ensembles et faire un choix).</p>  |

Présentement, le programme-cycle d'éducation préscolaire (MEES, 2020) amène les enfants à s'initier à de nouvelles connaissances liées aux domaines d'apprentissages; entre autres la mathématique, à exercer leur raisonnement et activer leur imagination. Bien qu'éclairant, il n'est mentionné nulle part la présence des trois déterminants de la réussite en arithmétique au préscolaire.

De plus, comme le mentionnent Paganì et al, (2011), l'analyse des données recueillies par l'étude longitudinale du développement des enfants du Québec (ÉLDEQ, 1998-2010) révèle que la connaissance des nombres à la maternelle est associée non seulement au rendement scolaire ultérieur en mathématiques, mais aussi au rendement dans les autres matières. Il est question dans cette recherche des habiletés conceptuelles, procédurales et de résolutions de problèmes. Un lien clair semble évident entre ces habiletés et les déterminants de la réussite en arithmétique énoncés précédemment. Le sens des nombres soutient la compréhension du nombre sous sa forme symbolique qui amène une connaissance des nombres, tant point de vue conceptuel, procédural que lors

de la résolution de problèmes. Toutefois, ceci nécessite une grande compréhension des différentes habiletés mathématiques de la part de l'enseignant.

2.2 Sentiment d'efficacité personnel des enseignants

Quant à la formation des enseignants, dans la mesure où peu de cours sont consacrés au développement des habiletés en mathématiques à l'éducation préscolaire dans les cursus universitaires, que le sentiment d'efficacité des enseignants joue un rôle primordial dans l'apprentissage des différentes notions et que le développement des fonctions exécutives chez les petits (Duval et al., 2018) est un gage de réussite éducative, une formation continue doit être réfléchié en ce sens. Autrement dit, le développement professionnel des enseignants et la formation continue, ou de base, contribuent non seulement à mettre en place des pratiques d'enseignement efficaces de la mathématique et des fonctions exécutives, mais vient aussi influencer leur sentiment de compétence. Le sentiment d'efficacité personnel influence à son tour celui des enfants et, comme le soulignent Bouffard et al. (2006),

ce sentiment chez les enseignants repose sur la conviction de disposer des ressources et des compétences nécessaires afin de permettre aux enfants de réussir. Des chercheurs révèlent aussi l'importance de la création de communautés de pratique dans les milieux scolaires pour favoriser le développement de ce sentiment d'efficacité personnel (Greenwood et al., 1990; Merini, 2007). La création de cette communauté de pratiques soutiendrait également la réussite éducative de tous les enfants et serait plus à même de permettre l'intégration des enfants en difficulté d'apprentissage (Gibson et Dembo, 1984 ; Guskey, 1981 ; Tschannen-Meran et al., 1998). En ce sens, le présent projet de recherche a également une visée de formation continue et d'accompagnement pour mieux outiller les enseignants face aux habiletés mathématiques de l'enfant à l'éducation préscolaire, mais également en termes de qualité du soutien aux apprentissages qui fait partie de la qualité des interactions en classe.

2.3 Qualité des interactions; dimension du soutien à l'apprentissage

La qualité des interactions en classe se mesure selon trois domaines : le soutien émotionnel, l'organisation de la classe et le soutien à l'apprentissage (Hamre et Pianta, 2007). Le domaine qui nous intéresse dans la présente recherche est celui du soutien à l'apprentissage et fait référence à l'accompagnement de l'enseignante pour le développement cognitif et langagier (Pianta et al., 2008). Selon la recherche de Duval et al. (2016), le développement du domaine du soutien à l'apprentissage constitue celui ayant le plus faible niveau de qualité observé. Le soutien à l'apprentissage fait référence à l'encouragement de la part de l'enseignante qui amène l'enfant à réfléchir et

à maîtriser de nouveaux concepts à l'aide de rétroactions spécifiques (Curby et al., 2009). Cela réfère à l'implication et à l'étayage de l'adulte (Duval et al., 2016). L'étayage est défini comme l'accompagnement de l'enfant par le questionnement, afin qu'il développe des stratégies de raisonnement supérieures (Duval et al., 2016). Grâce à ces échanges avec l'enfant, l'enseignant l'amène à réfléchir sur ses actions et sur leur portée, afin de considérer celles qui lui permettent de mener à bien l'activité dans laquelle il est engagé.

2.4 Modèle de la réponse à l'intervention (RAI) au préscolaire

Dans une visée de soutien aux apprentissages chez les enfants du préscolaire, la mise en place d'une intervention, permettant l'émergence des déterminants de la réussite en arithmétique, semble une avenue prometteuse. Afin de soutenir le développement des habiletés en mathématiques des enfants de l'éducation préscolaire, nous nous sommes inspirées du modèle de la réponse à l'intervention (RAI) (Desrochers et al., 2016; Fuchs et al., 2014; Hughes et Dexter, 2011) qui a démontré lors de plus de dix ans de recherche en milieu scolaire des retombées positives sur les services offerts aux élèves du primaire (Desrochers et al., 2016; Fletcher et Vaughn, 2009; Vaughn et al., 2003). Ce modèle, basé sur l'évaluation et l'intervention des besoins de l'élève, apporte une manière alternative de répondre aux besoins de tous les élèves en mettant en place des interventions adaptées et structurées; une façon d'intervenir pour aider les élèves qui ont des difficultés d'apprentissage, avant que celles-ci soient repérées tardivement. Vous remarquerez que le terme « élève » et non « enfant » fut utilisé, car les recherches

concernant le modèle de la RAI sont davantage documentées suite à la recherche auprès d'une clientèle primaire (élève) et non à l'éducation préscolaire (enfant).

Bien que l'efficacité de ce modèle ait été démontrée scientifiquement, des ajustements semblent nécessaires pour répondre à la philosophie du programme de formation qui est axé sur une approche développementale de l'enfant en mettant de l'avant la pédagogie par le jeu (MEES, 2020).

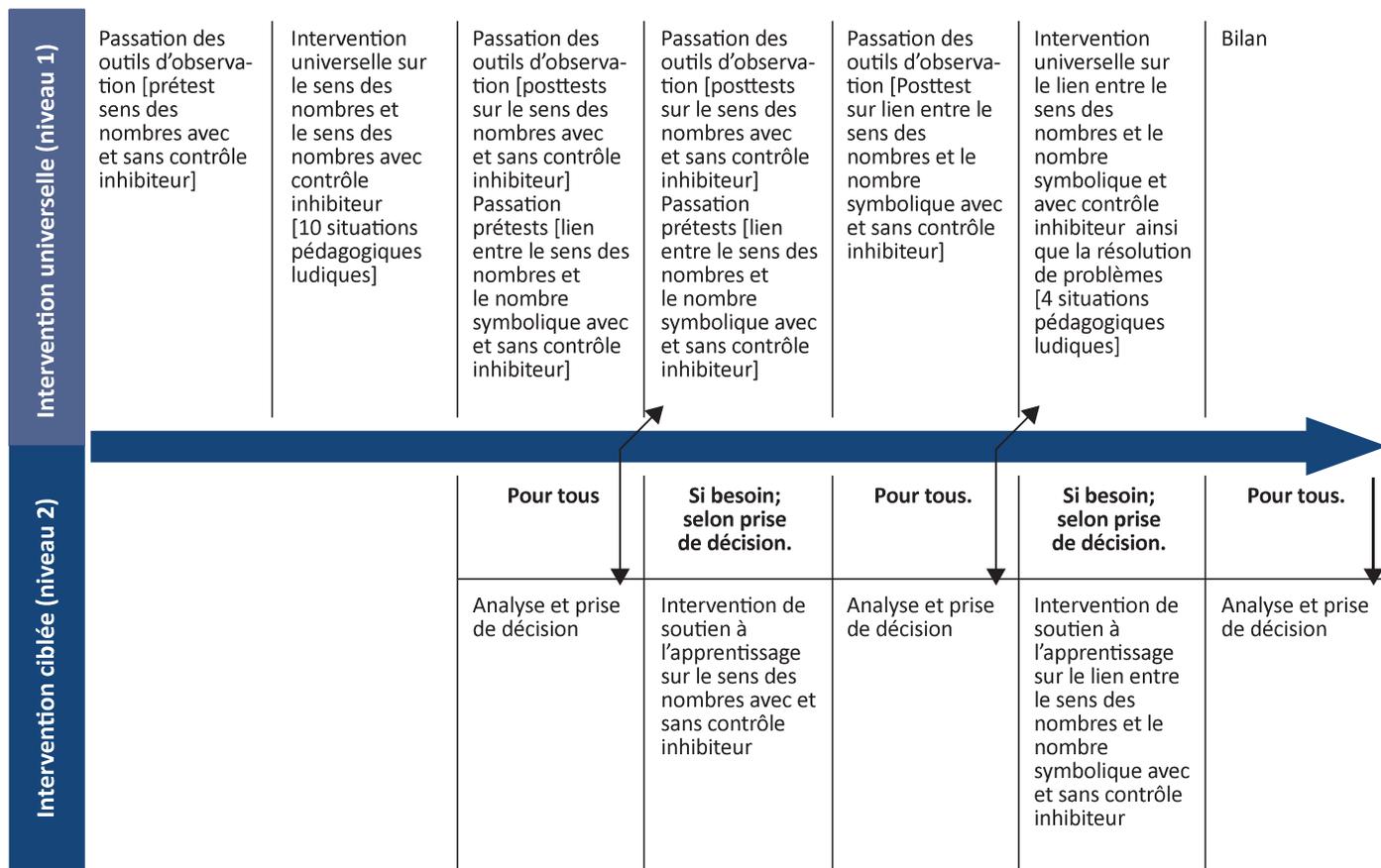
En ce sens, l'intervention décrite dans cet article fait référence aux travaux de la RAI, mais, l'enseignement explicite destinée à l'intervention de soutien aux apprentissages a été modulé pour répondre aux attentes du programme de formation de l'éducation préscolaire. En ce sens, le volet enseignement explicite, tel que conçu par le modèle de la RAI (modelage, pratique guidée et pratique autonome), n'a pas été mis en place, mais plutôt remplacé par le questionnement et l'étaillage de l'adulte en termes de soutien aux apprentissages. En fait, comme le mentionnent Gingras et al. (2015), la maîtrise de l'étaillage permet de soutenir le développement « d'habiletés qui sont juste au-delà de ce que l'enfant est capable de réaliser seul et s'observe

attentivement par le biais du jeu p. 13 ». Bien que cette nuance ait été apportée, la structure de l'implantation du modèle de la RAI demeure inchangée (intervention de niveau 1, de niveau 2 et le temps consacré à chacun des niveaux d'intervention).

2.5 Le construit de l'intervention du soutien à l'apprentissage

Afin de respecter le modèle de la RAI, une intervention universelle (niveau 1) fut implantée dans les classes à l'éducation préscolaire. L'intervention universelle choisie et validée par la recherche est celle de *Mathis : une intervention ludique en mathématiques au préscolaire* (Deshaies, 2017, 2020). Par l'entremise de 20 situations pédagogiques ludiques, cette intervention permet aux enfants de développer les habiletés en mathématiques. Chaque situation a une durée de 15 minutes et est vécue deux fois lors de deux journées consécutives. Puis, les diverses observations permettent de mieux cibler les enfants ayant besoin d'un coup de pouce supplémentaire; soit une intervention ciblée (niveau 2). Voici les explications du construit de l'intervention.

Figure 2
Présentation de la mise en place de l'intervention de soutien à l'apprentissage au préscolaire



Comme le démontre la figure 2, les enfants présentant un besoin de soutien à l'apprentissage ont poursuivi l'intervention d'enseignement universel. À celle-ci s'ajoute, pour une durée de 10 minutes par jour, à une fréquence de trois fois par semaine pour une durée de six semaines, une intervention ciblée quant aux déterminants de la réussite ciblés. Toutefois, comme vu précédemment, parfois pour apprendre, l'enfant a besoin de bloquer des automatismes qui s'avèrent non efficaces selon la situation. Afin de permettre le développement de stratégies liées au contrôle inhibiteur, un dispositif didactique fut utilisé lorsque nécessaire; « Attrape-pièges ».

2.6 Dispositif didactique pour travailler le contrôle inhibiteur

Le développement du contrôle inhibiteur est présent dans l'ensemble de l'intervention. La mise en place de ce dernier est inspirée des travaux de Rossi et al. (2012) par l'apport d'un dispositif didactique. Ce dernier est utilisé seulement lorsque la situation pédagogique ludique présentée aux enfants nécessite le contrôle inhibiteur. Par exemple, dans les activités liées au sens des nombres avec contrôle inhibiteur, les enfants doivent faire fi de la grosseur, de la couleur et de la disposition des points pour trouver l'ensemble qui a la plus grande quantité de points. En ce sens, l'utilisation d'un « Attrape-pièges » (dispositif didactique) conçu pour amener les enfants à identifier non

seulement les bonnes et les mauvaises réponses, mais aussi les réponses qui constituent des pièges, c'est-à-dire des réponses qui semblent intuitivement correctes, mais qui sont erronées (voir figure 3). Une alerte émotive (indiquant de faire attention, car il y a un piège dans l'activité) est mentionnée également aux enfants lors de l'utilisation du dispositif didactique. Voici une brève présentation.

Figure 3
Exemple d'une situation de jeu nécessitant le contrôle inhibiteur



L'« Attrape-pièges » est séparé en deux parties. La première partie sert à identifier les pièges par l'enfant et la deuxième sert à identifier une situation lors de laquelle il n'y a pas de piège. Dans l'exemple présenté, l'enfant pige d'abord une carte, qui représente une situation issue du jeu, puis il analyse celle-ci en se demandant si elle peut contenir un piège. Par exemple, pour la carte placée sous la colonne de gauche, l'enfant pourrait être tenté de dire qu'il y a une plus grande quantité de points bleus, car ils sont plus gros; ils prennent plus de place. Cependant, il s'agit d'un piège. Pour trouver la solution et s'assurer de l'ensemble qui a la plus grande quantité de points, l'enfant peut utiliser ses stratégies de comparaison. Il ne doit pas se fier uniquement à l'aspect visuospatial de la situation de jeu. Dans ce cas, il dit qu'il s'agit d'un piège et il place la carte sous la colonne de gauche. Puis, pour la carte pignée et placée dans la section de droite, il se pose les mêmes questions. Ici, l'ensemble des plus gros points a une plus grande quantité que l'ensemble de droite, et ce, même si les points sont plus gros. Pour lui, il n'y a pas présence de piège.

L'utilisation du dispositif didactique (« Attrape-pièges ») amène les enfants à se questionner sur les différentes situations pédagogiques ludiques. Par ce dernier, les enfants sont amenés à développer des stratégies efficaces liées aux différentes habiletés mathématiques.

2.7 Objectif de la recherche

Puisque nous voulions expérimenter la mise en place du modèle de la RAI en respectant l'apprentissage prôné par le programme de formation (MEES, 2020), l'objectif de cette recherche est de mesurer l'impact des interventions de soutien aux apprentissages avec et sans questionnement et étayage de l'adulte (niveau 2 selon le modèle de la RAI), auprès des enfants du préscolaire en lien avec l'acquisition de deux déterminants en arithmétique au préscolaire (le sens des nombres, et le développement du contrôle inhibiteur).

Dû au contexte de pandémie et de la fermeture des écoles, nous n'avons pu mesurer l'impact de la pertinence ou non du questionnement et de l'étayage pour le développement du lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique ainsi que le contrôle inhibiteur comme soutien à l'apprentissage.

3. Méthode

La présente recherche se situe dans une posture épistémologie interprétative permettant la compréhension d'un objet d'étude (Gohier, 2004; Karsenti et Savoie-Zajc, 2000). Il s'agit d'une recherche qualitative exploratoire qui vise la compréhension préliminaire d'une situation, soit le soutien à l'apprentissage inspiré du modèle de la RAI en arithmétique au préscolaire (Karsenti et Savoie-Zajc, 2000).

3.1 Participants

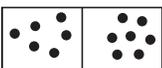
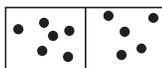
Cette recherche a été réalisée auprès de 69 enfants du préscolaire. Plus précisément, la composition des classes est de 59 % de garçons, 41 % de filles et d'une clientèle multiculturelle. Un processus d'échantillonnage théorique a été effectué auprès de tous les enfants du préscolaire (Karsenti et Savoie-Zajc, 2000) qui a permis de cibler, à l'aide d'indicateurs d'observation (de Nosworthy et al., 2013; Deshaies, 2017), les enfants démontrant une réticence face aux déterminants essentiels en arithmétique. Suite aux différentes analyses, 12 enfants ont participé à l'étude concernant les interventions de soutien à l'apprentissage auprès des enfants du préscolaire. Ce qui correspond environ à 17% des enfants.

Afin de pouvoir répondre à la question de recherche, nous avons d'abord mis en place une intervention d'enseignement universelle (niveau 1 selon le modèle de la RAI) validée par la recherche. Nous avons choisi de mettre en place l'intervention *Mathis*, une intervention ludique en mathématiques au préscolaire (Deshaies, 2017, 2020) et ce, pour l'ensemble des enfants participants au projet.

Avant de commencer l'intervention, nous avons utilisé différents outils pour observer le niveau d'habiletés en mathématiques des enfants concernant les trois déterminants de la réussite en arithmétique. Les outils ont été administrés par les enseignantes suite à une formation sur le déroulement de la passation de ces derniers.

3.2 Matériel

Figure 4
Présentation des outils utilisés

| OUTILS | | CONSIGNE À L'ENFANT | VALIDATION DES DÉTERMINANTS DE LA RÉUSSITE EN ARITHMÉTIQUE |
|---|---|---|---|
|  |  | Fais un trait sur l'ensemble qui a le plus grand nombre de points. Tu as une minute pour en faire le plus possible. | Sens des nombres |
|  |  | Fais un trait sur l'ensemble qui a le plus grand nombre de points. Tu as une minute pour en faire le plus possible. | Sens des nombres avec contrôle inhibiteur |
|  |  | Fais un trait sur l'ensemble qui a la plus grande valeur. Tu as une minute pour en faire le plus possible. | Lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique |
|  |  | Fais un trait sur l'ensemble qui a la plus grande valeur. Tu as une minute pour en faire le plus possible. | Lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique avec contrôle inhibiteur |

Tous les tests utilisés sont issus de la recherche de Deshaies (2017). Les outils concernant le sens des nombres et le lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sont inspirés des travaux de Nosworthy et al. (2013).

Afin de bien comprendre le développement des habiletés en mathématiques, nous avons utilisé également des indicateurs d'observation des différentes manifestations de l'enfant quant à celles-ci. Afin d'établir ces indicateurs d'observation, nous nous sommes basées sur les recherches de De Smedt et al. (2013), Lyons et Ansari (2015), ainsi que celle de Hutchison et al. (2020).

Nous sommes arrivées au constat que les indicateurs d'observation suivants devaient être considérés :

- **production d'un patron de réponse**
(ex. : barrer tous les ensembles qui sont à droite ou à gauche);
- **comparaison de deux ensembles plus petits que 5**
(ex. : comparer 3 et 4 points);
- **comparaison de deux ensembles plus grands que 5**
(ex. : comparer 5 et 8 points);
- **comparaison numérique rapprochée**
(ex. : comparer un ensemble de 6 et 7 points est un ensemble rapproché numériquement de 1).

Outre ces indicateurs, nous utilisons d'autres indicateurs d'observation concernant chacune des situations didactiques ludiques proposées à l'enfant. Ainsi, l'enseignante peut observer lors de la mise en route de celles-ci les différentes habiletés de l'enfant concernant les trois déterminants nommés

précédemment, mais également les principes liés à la comptine numérique, au concept du nombre et à la résolution de problèmes. Ces indicateurs d'observation viennent soutenir la compréhension de l'enseignante face aux différentes habiletés mathématiques mobilisées par l'enfant lors de l'intervention. Ces indicateurs permettent de mieux cibler les enfants ayant besoin d'un soutien.

Ainsi, par l'entremise des outils de prise de mesure, ainsi que l'observation des indicateurs à travers les situations didactiques ludiques de *Mathis*, nous pouvons observer le développement des habiletés mathématiques des enfants quant aux trois déterminants (sens du nombre, lien entre le sens du nombre et le nombre symbolique, ainsi que le contrôle inhibiteur).

3.3 Calendrier de formation / intervention

De plus, puisque nous visions également la formation continue des enseignants et l'accompagnement quant au domaine du soutien à l'apprentissage de la qualité des interactions, cinq journées de formation/ accompagnement ont été proposées tout au long du projet de recherche. Ces journées ont permis la mise en place de la formation sur l'intervention universelle (*Mathis, une intervention ludique en mathématiques au préscolaire*), les indicateurs d'observation concernant les différents types de situations pédagogiques ludiques ainsi que le travail sur le soutien à l'apprentissage. Voici un résumé de ces cinq journées.

Figure 5
Résumé des cinq rencontres avec les enseignants participants au projet

| RENCONTRE | CONTENU DE LA FORMATION / ACCOMPAGNEMENT |
|-----------|--|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Présentation de l'intervention <i>Mathis : une intervention ludique en mathématiques au préscolaire</i> • Formation sur les différentes habiletés mathématiques à développer chez les enfants à l'éducation préscolaire • Présentation et formation des outils de prise d'observation (sens des nombres avec et sans contrôle inhibiteur) • Période d'échange et de questions |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Poursuite de la formation / accompagnement de l'intervention <i>Mathis : une intervention ludique en mathématiques au préscolaire</i> • Formation / accompagnement sur l'analyse des différents outils d'observation (sens des nombres sans et avec contrôle inhibiteur; prétest) • Présentation et formation des outils de prise d'observation (lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sans et avec contrôle inhibiteur) • Période d'échange et de questions |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Formation / accompagnement sur l'analyse des différents outils d'observation (sens des nombres sans et avec contrôle inhibiteur; posttest) • Formation / accompagnement sur l'analyse des différents outils d'observation (lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sans et avec contrôle inhibiteur; prétest) • Présentation du modèle de la RAI à l'éducation préscolaire • Formation des deux groupes d'intervention (sans et avec questionnement et étayage) concernant le déterminant sens des nombres sans et avec contrôle inhibiteur • Présentation des interventions de niveau 2 selon le groupe pour le déterminant sens des nombres avec et sans contrôle inhibiteur • Période d'échange et de questions |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Formation / accompagnement sur l'analyse des différents outils d'observation (lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sans et avec contrôle inhibiteur; posttest) • Formation concernant le niveau 2 de l'intervention (sans et avec questionnement et étayage) concernant le déterminant du lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sans et avec contrôle inhibiteur • Période d'échange et de questions |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> • Formation / accompagnement sur l'analyse des différents outils d'observation (sens des nombres sans et avec contrôle inhibiteur; posttest du niveau 2) • Bilan de l'intervention : <i>Mathis, une intervention ludique en mathématiques au préscolaire</i> • Suivi concernant l'implantation du niveau 2 de l'intervention • Date de réception des posttests du niveau de l'intervention concernant le déterminant du lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique (avril 2020) • Période d'échange et de questions |

À la suite de ces journées de formation/ accompagnement, nous pouvions récolter et analyser les différents résultats; d'abord concernant l'intervention universelle, puis concernant l'impact de l'intervention de soutien à l'apprentissage (sans et avec questionnement et étayage). La section qui suit détaille l'ensemble des résultats issus de cette recherche.

4. Résultats

4.1 Validation de l'efficacité de l'intervention universelle

Bien que l'intervention *Mathis, une intervention ludique en mathématiques au préscolaire* ait fait ses preuves (Deshaies, 2017), nous avons tout de même procédé à l'analyse de test pour échantillon apparié afin de valider l'efficacité de cette intervention universelle. Ce test a été effectué concernant les trois déterminants de la réussite en arithmétique afin d'évaluer si la moyenne obtenue au

prétest était significativement différente de la moyenne obtenue au post-test à la suite de l'intervention de *Mathis, une intervention ludique en mathématiques au préscolaire* (enseignement universel). Les conditions de normalité, d'homogénéité et d'interaction sont satisfaites². Les résultats ont indiqué que la moyenne du post-test par rapport à l'ensemble des déterminants en arithmétiques était significativement plus élevée par rapport à la moyenne du prétest. Ainsi, un test *t* pour échantillons appariés s'est avéré statistiquement significatif pour le sous-test du sens des nombres sans contrôle inhibiteur $t(67) = -3,72, p < 0,01; \eta^2 = 0,17$, le sous-test du sens des nombres avec contrôle inhibiteur $t(67) = -4,10, p < 0,01; \eta^2 = 0,20$, du sous-test du lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sans contrôle inhibiteur $t(64) = -3,88, p < 0,01; \eta^2 = 0,19$, ainsi que du sous-test du Lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique avec contrôle inhibiteur $t(64) = -3,50, p < 0,01; \eta^2 = 0,16$. Le tableau 1 démontre les différents résultats.

Tableau 1
Présentation des résultats de l'intervention universelle selon les trois déterminants de la réussite en arithmétique

| Déterminants de la réussite | Moyenne prétest | Écart type | Moyenne posttest | Écart type | Test <i>t</i> | État-carré η^2 |
|---|-----------------|------------|------------------|------------|----------------------------|---------------------|
| Sens des nombres sans contrôle inhibiteur | 78,43 | 25,19 | 88,68 | 20,84 | $t(67) = -3,72 ; p < 0,01$ | 0,17 |
| Sens des nombres avec contrôle inhibiteur | 70,11 | 26,94 | 81,10 | 16,94 | $t(67) = -4,10 ; p < 0,01$ | 0,20 |
| Lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sans contrôle inhibiteur | 84,57 | 20,42 | 93,45 | 12,30 | $t(64) = -3,88 ; p < 0,01$ | 0,19 |
| Lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique avec contrôle inhibiteur | 83,44 | 18,74 | 89,61 | 16,94 | $t(64) = -3,50 ; p < 0,01$ | 0,16 |

² Le seuil significatif de l'homogénéité des variances est fixé à $p < 0,05$ et le seuil significatif de la normalité est fixé à $p > 0,05$.

Nous pouvons observer que les différents résultats démontrent une différence statistiquement significative entre le post-test et le prétest pour l'ensemble des outils utilisés concernant les déterminants de la réussite pour l'intervention universelle de *Mathis, une intervention ludique en mathématiques au préscolaire*.

Nous pouvons également observer l'êta-carré de chacun des résultats qui représentent, selon Cohen (1988), un effet de grande taille. Ceci nous démontre l'efficacité de l'intervention pour le développement des déterminants de la réussite en mathématiques.

Toutefois, bien que la mise en place de l'intervention se soit avérée statistiquement significative, nous avons observé que certains enfants demeurent avec certaines difficultés concernant les habiletés mathématiques.

4.2 Analyse concernant le soutien à l'apprentissage

En ce sens, nous avons procédé à une analyse quantitative et qualitative des différentes données recueillies afin de cibler les enfants qui, malgré un enseignement universel de qualité, démontrent certaines difficultés concernant le déterminant du sens des nombres sans et avec contrôle inhibiteur. En fait, le jugement professionnel du personnel enseignant a permis de déterminer le portrait global de chaque enfant en considérant des éléments spécifiques d'observations (analyse qualitative) ainsi que le pourcentage de réussite de chacun d'eux aux différents outils (voir figure 4) (analyse quantitative). L'analyse quantitative a permis d'observer le pourcentage de réussite des enfants suite à l'intervention en comparant les résultats obtenus lors du prétest. L'analyse qualitative repose quant à elle sur les éléments spécifiques d'observation issus des indicateurs d'observation concernant les outils ainsi que ceux issus des différentes situations didactiques ludiques. Suite à ces différentes analyses, 17 %, soit 12 enfants, participent à l'intervention de soutien à l'apprentissage.

Tableau 2
Répartitions des enfants participants au soutien à l'apprentissage

| Groupe | Nombre d'enfants par groupe | Nombre d'enfants ciblés pour le niveau deux | Pourcentage d'enfants participant au niveau deux |
|--------------|-----------------------------|---|--|
| A | 18 | 5 | 27,8 % |
| B | 16 | Aucun enfant | 0 % |
| C | 16 | 3 | 18,8 % |
| D | 19 | 4 | 21 % |
| Total | 69 | 12 | 17,4 % |

Suite au repérage des enfants nécessitant un coup de pouce, nous avons mis en place deux interventions de soutien à l'apprentissage afin de répondre à notre objectif de recherche. Une intervention avec questionnement et étayage lors des interventions et une autre lors de laquelle les enseignants devaient simplement rejouer aux différentes situations pédagogiques ludiques proposées avec les enfants sans l'utilisation du questionnement et de l'étayage. Ces interventions avaient une durée de 10 minutes à raison de trois fois par semaine pour une durée de six semaines.

4.3 Résultats concernant le soutien à l'apprentissage pour le déterminant du sens des nombres sans contrôle inhibiteur et avec contrôle inhibiteur

À la suite de la collecte de ces données, un test t pour échantillon apparié fut effectué. Les conditions de normalité, d'homogénéité et d'interaction se sont avérées insatisfaisantes³; le test s'est donc avéré non significatif. Ce résultat non significatif est probablement dû au fait que le nombre de participants était trop petit : 5 au niveau de l'intervention avec questionnement et étayage, versus 7 au niveau de l'intervention sans questionnement et étayage. Toutefois, bien que ce test se soit avéré non significatif, des changements furent observés. En ce sens, nous avons décidé d'analyser le pourcentage moyen d'amélioration globale des groupes. Dans un premier temps, l'analyse s'est portée sur le déterminant sens des nombres.

Tableau 3
Présentation du pourcentage d'amélioration de chaque groupe (avec ou sans questionnement et étayage) pour le déterminant sens des nombres

| Types d'intervention | Moyenne au posttest de l'intervention universelle | Moyenne au posttest de l'intervention de soutien à l'apprentissage | Pourcentage d'amélioration |
|---|---|--|----------------------------|
| Sens des nombres sans contrôle inhibiteur avec questionnement et étayage [5] | 52,64 % | 91,67 % | 39,03 % |
| Sens des nombres sans contrôle inhibiteur sans questionnement et étayage [7] | 66,14 % | 84,81 % | 18,67 % |

Comme nous pouvons le constater, le groupe ayant bénéficié du questionnement et de l'étayage a un pourcentage d'amélioration plus élevé que le groupe n'en ayant pas bénéficié pour le déterminant du sens des nombres.

Par la suite, nous voulions également analyser les données obtenues concernant le déterminant du sens des nombres avec contrôle inhibiteur.

³ Le seuil significatif de l'homogénéité des variances est fixé à $p < 0,05$ et le seuil significatif de la normalité est fixé à $p > 0,05$.

Tableau 4
Présentation du pourcentage d'amélioration de chaque groupe (avec ou sans questionnement et étayage) pour le déterminant du sens des nombres avec contrôle inhibiteur

| Types d'intervention | Moyenne au posttest de l'intervention universelle | Moyenne au posttest de l'intervention de soutien à l'apprentissage | Pourcentage d'amélioration |
|---|---|--|----------------------------|
| Sens des nombres sans contrôle inhibiteur avec questionnement et étayage [5] | 50,76 % | 83,87 % | 33,11 % |
| Sens des nombres sans contrôle inhibiteur sans questionnement et étayage [7] | 39,89 % | 73,39 % | 33,5 % |

Comme nous pouvons le constater, il n'y a pas de différence entre les deux types d'intervention pour le déterminant du sens des nombres avec contrôle inhibiteur. Les hypothèses de cette absence de différence sont présentées dans la section discussion.

5. Discussion

Cette recherche visait à mesurer l'impact des interventions de soutien aux apprentissages avec et sans questionnement et étayage, auprès des enfants du préscolaire en lien avec l'acquisition des trois déterminants en arithmétique à l'éducation préscolaire (le sens des nombres, le lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique et le contrôle inhibiteur). Toutefois, dû à la fermeture des écoles en raison de la pandémie, nous avons pu analyser seulement l'impact d'un soutien aux apprentissages sans et avec questionnement et étayage pour le déterminant du sens des nombres et celui du sens des nombres avec contrôle inhibiteur. Afin de répondre à cet objectif de recherche, nous avons mis en place une intervention d'enseignement universelle de qualité et validée par la recherche, *Mathis, une intervention ludique en mathématiques au préscolaire* (Deshaies, 2017, 2020). Afin de

valider scientifiquement l'efficacité de cette intervention, nous avons fait l'analyse d'un test t pour échantillon apparié qui s'est avéré significatif. Nous avons procédé à cette analyse puisque l'une des spécificités du modèle de la RAI est de s'appuyer sur des interventions qui ont prouvé scientifiquement leur efficacité (Bradley et al., 2005; Desrochers et al., 2016; Fuchs et al., 2007; Fuchs et al., 2014; Whitten et al., 2012). Suite à l'intervention universelle et à l'analyse des différentes données issues des indicateurs d'observation, 12 enfants du préscolaire issus de quatre groupes ont retenu notre attention afin de leur offrir un soutien à l'apprentissage supplémentaire. En ce sens, deux interventions furent mises en place; une avec questionnement et étayage comme soutien à l'apprentissage et l'autre sans questionnement et étayage. Pour guider les enseignants dans la mise en place du questionnement et de l'étayage, une formation et un document de soutien concernant l'ensemble des situations pédagogiques ludiques ont été fournis aux enseignants.

Les résultats démontrent une amélioration concernant le pourcentage de réussite vis-à-vis le déterminant du sens des nombres pour

l'intervention avec questionnement et étayage comparativement à celle n'offrant pas cette forme de soutien à l'apprentissage. Puisque le déterminant du sens des nombres nous permet de savoir qu'une quantité est plus grande ou plus petite qu'une autre sans avoir recours aux stratégies de dénombrement, nous croyons que les stratégies de comparaison mise en place par le questionnement et l'étayage ont permis aux enfants de développer des stratégies de comparaison efficace. Le sens des nombres est lié à la capacité de comparer des ensembles entre eux pour déterminer, très rapidement, lequel a la plus grande quantité. Les situations pédagogiques ludiques concernant le déterminant du sens des nombres sont bâties en utilisant des éléments identiques (comparaison d'ensembles comprenant des points de même grosseur et même couleur). Nous croyons donc que le questionnement et l'étayage ont permis aux enfants de mettre en place des stratégies de comparaisons efficaces. De plus, ces stratégies permettent éventuellement à l'enfant de situer des nombres sur une droite numérique, réelle ou imaginaire (lien avec le déterminant du lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique).

Toutefois, les résultats concernant le déterminant du sens des nombres avec contrôle inhibiteur ne vont pas dans le même sens. Le pourcentage d'amélioration est sensiblement le même pour les deux types de soutien à l'apprentissage, ce qui porte à croire que pour le déterminant du contrôle inhibiteur, le questionnement et l'étayage comme soutien à l'apprentissage n'auraient pas le même impact que pour le déterminant du sens des nombres. Comme le mentionne Dehaene (2011), « le contrôle exécutif est l'une des plus importantes compétences transversales que l'école peut

faire grandir en pratiquant, dès la maternelle, des exercices pour apprendre à se contrôler, à se concentrer, à prêter attention à ses limites (métacognition) et à se corriger ». En effet, si le développement du contrôle exécutif permet une plus grande maîtrise de la manière de traiter une information, de la capacité à savoir comment la traiter, alors il s'agit bien d'une des clés permettant « d'apprendre à apprendre ». Toutefois, il faut du temps. Ainsi, nous ne rejetons pas l'hypothèse du questionnement et de l'étayage comme soutien à l'apprentissage, mais nous constatons que l'éveil au contrôle inhibiteur est un processus plus long et complexe que celui du déterminant du sens des nombres qui est issu de notre sens premier/inné des mathématiques (Dehaene, 2011). Ceci nous amène à discuter de certaines limites de cette recherche.

6. Limites

Bien que les résultats obtenus semblent démontrer que le soutien avec questionnement et étayage soutient la réussite des enfants, il s'avère difficile de démontrer la généralisation de l'impact positif de ces interventions. D'abord, le petit nombre de participants (12) à la mise en place de l'intervention de soutien d'apprentissage ne nous permet pas de généraliser ces résultats à la population. Une seconde mise en place de l'intervention, avec un plus grand nombre de classes, permettra certainement de mieux comprendre le soutien à l'apprentissage avec questionnement et étayage. De plus, à cause du contexte de pandémie survenu lors de la mise en place de l'intervention, nous n'avons pu analyser l'impact d'une intervention de soutien à l'apprentissage concernant le déterminant du lien entre le sens des nombres et le nombre symbolique sans et avec contrôle inhibiteur. En ce sens,

une seconde étude serait intéressante afin de valider l'efficacité du soutien à l'apprentissage en termes de questionnement et d'étaillage vis-à-vis ce déterminant. Enfin, nous n'avons pas recueilli de données concernant le sexe et l'âge des enfants qui ont participé à la mise en place de l'intervention de soutien à l'apprentissage. Lors de la poursuite de cette recherche, ces critères devraient être inclus afin de déterminer si le soutien à l'apprentissage en termes de questionnement et d'étaillage permettrait de mieux outiller les enfants les plus vulnérables (Simard et al., 2018).

Malgré ces limites, rappelons que l'étude réalisée avait une intention exploratoire. Ainsi, les résultats obtenus soutiennent la pertinence de réaliser une seconde étude auprès d'un plus grand échantillonnage et incluant les critères liés à la vulnérabilité de l'enfant (Simard et al., 2018).

7. Conclusion

Présenter des vulnérabilités à l'éducation préscolaire n'est pas sans conséquence sur la réussite éducative future. Plusieurs recherches démontrent le lien entre le niveau de développement de l'enfant de maternelle, l'adaptation sociale et la réussite scolaire ultérieure (Brinkman et al., 2013; Kershaw, et al., 2010). Une association est également faite entre la vulnérabilité à la maternelle et la réussite éducative (Pagani et al., 2010). La recherche de Forget-Dubois et al. (2007) ainsi que celle de Lemelin et Boivin (2007) nous démontre qu'un niveau plus faible de développement global à la maternelle est associé à de moins bons rendements scolaires en première année.

Bien qu'il s'agisse d'une recherche de type exploratoire, cette étude démontre de belles perspectives de recherche concernant le soutien à l'apprentissage incluant le questionnement et l'étaillage, et ce, dès le préscolaire.

Cette recherche démontre aussi la pertinence de la mise en place d'une intervention inspirée du modèle de la RAI comme soutien à l'apprentissage au préscolaire. Bien qu'exploratoires, des recommandations peuvent toutefois émerger de celle-ci. L'importance d'une intervention d'enseignement universel de qualité, de l'accompagnement en termes de formation continue des enseignants, de l'observation du développement des habiletés mathématiques chez les enfants du préscolaire par le biais d'indicateurs fiables et enfin, le questionnement et de l'étaillage pour le soutien à l'apprentissage.

Références

- Baroody, A. J. (1987). *Children's mathematical thinking. A developmental framework for preschool, primary, and special education teachers*, Teachers College Press.
- Bédard, J., Larose, F. et Terrisse, B. (2002). L'éducation préscolaire au Québec: bilan et perspectives. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 7(1), 95-105.
- Bideaud, J., Lehalle, H., et Vilette, B. (2004). *La conquête du nombre et ses chemins chez l'enfant*. Presses universitaires du Septentrion.
- Bouffard, T., Vezeau, C. et Simard, M. (2006). Les déterminants motivationnels du rendement d'élèves du primaire selon leur genre et la matière scolaire. *Enfance*, 58(4), 395-409.

- Bradley, R., Danielson, L. et Doolittle, J. (2005). Response to intervention. *Journal of Learning Disabilities*, 38(6), 485-486. <https://doi.org/10.1177/%2F00222194050380060201>
- Brinkman, S., Gregory, T., Harris, J., Hart, B., Blackmore, S. et Janus, M. (2013). Associations between the early development instrument at age 5, and reading and numeracy skills at ages 8, 10 and 12: A prospective linked data study. *Child Indicators Research Res.* 6, 695–708. <https://doi: 10.1007/s12187-013-9189-3>
- Carpenter, T. P., et Moser, J. M. (1984). The acquisition of addition and subtraction concepts in grades one through three. *Journal for Research in Mathematics Education*, 15, 179-202.
- Carpenter, T. P. Hiebert, J. et Moser, J. M. (1981). Problem structure and first-grade children's initial solution processes for simple addition and subtraction problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, 12, 27-39.
- Casavant, G. et Nunez-Moscoso, J. (2020). Vivre son insertion dans l'enseignement, entre éléments facilitateurs et obstacles. *Apprendre et enseigner aujourd'hui*, 9(2), 19-22.
- Case-Smith, J. et O'Brien, J. C. (2010). *Occupational therapy for Children (6e éd.)*. Mosby Elsevier.
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E. et Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 46(5), 1176-1191. <http://doi.org/10.1037/a0019672>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2e éd.)*. L. Erlbaum Associates.
- Curby, T. W., Rimm-Kaufman, S. E. et Ponitz, C. C. (2009). Teacher-Child Interactions and Children's Achievement Trajectories Across Kindergarten and First Grade. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 912–925.
- De Smedt, B., Noel, M.P., Gilmore, C. et Ansari, D. (2013) The relationship between symbolic and non-symbolic numerical magnitude processing and the typical and atypical development of mathematics: A review of evidence from brain and behavior. *Trends in Neuroscience and Education*, 2, 48-55.
- Dehaene, S. (2011). *The number sense: How the mind creates mathematics* (2e éd.). Oxford University Press
- Deshaies, I. (2017). *Effets d'une intervention didactique en mathématiques au préscolaire visant le développement du contrôle inhibiteur et adaptée au fonctionnement du cerveau sur l'apprentissage de préalables liés à l'arithmétique*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Trois-Rivières). Cognito. <http://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/8031>.
- Deshaies, I. (2020). *Mathis - Une intervention ludique en mathématiques au préscolaire*. JFD. Montréal. www.editionsjfd.com/mathis
- Deshaies, I., Miron, J.-M. et Masson, S. (2015). Comprendre le cerveau des élèves pour mieux les préparer aux apprentissages en arithmétique dès le préscolaire. *A.N.A.E.*, 27(134), 39-45.
- Desrochers, A., Laplante, L. et Brodeur, M. (2016). Le modèle de réponse à l'intervention et la prévention des difficultés d'apprentissage de la lecture au préscolaire et au primaire. *Perspectives actuelles sur l'apprentissage de la lecture et de l'écriture - Actes du Symposium international sur la littéracie à l'école* (p. 290-314). Les Éditions de l'Université de Sherbrooke.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K. et Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Duval, S., Bouchard, C., Pagé, P. et Hamel, C. (2016). Quality of classroom interactions in kindergarten and executive functions among five year-old children. *Cogent Education*, 3(1), 1-18.

- Duval, S., Bouchard, C. et Pagé, P. (2018). Le développement des fonctions exécutives chez les enfants, *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 37 <https://doi.org/10.4000/dse.1948>
- Fayol, M. (1991). Du nombre à son utilisation : la résolution de problèmes additifs. Dans J. Bideaud, C. Meljac, et J.-P. Fisher (Dir.), *Les chemins du nombre* (p. 259-270). Les Presses Universitaires de Lille.
- Fletcher, J. M. et Vaughn, S. (2009). Response to Intervention: Preventing and Remediating Academic Difficulties. *Child Development*, 3(1), 30-37. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2008.00072.x>
- Forget-Dubois et al. (2007). Predicting school achievement with the EDI: A longitudinal population-based study. *Early Education and Development*, 18, 405-426.
- Fuchs, D. et Deshler, D. D. (2007). What we need to know about responsiveness to intervention (and shouldn't be afraid to ask). *Learning Disabilities Research et Practice*, 22(2), 129-136. <http://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2007.00237.x>
- Fuchs, D., Fuchs, L. S. et Vaughn, S. (2014). What is intensive instruction and why is it important? Teaching Exceptional Children, 46(4), 13-18. <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.1177%2F0040059914522966>
- Geary, D. C., Hoard, M. K. et Bailey, D. H. (2012). Fact retrieval deficits in low achieving children and children with mathematical learning disability. *Journal of Learning Disabilities*, 45(4), 291-307. <https://doi.org/10.1177/0022219410392046>
- Gelman, R. (1972). The nature and development of early number concepts. *Advances in Child Development and Behavior*, 7, 115-167.
- Gelman, R. et Meck, E. (1983). Preschoolers' counting: Principles before skill. *Cognition*, 13(3), 343-359. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(83\)90014-8](https://doi.org/10.1016/0010-0277(83)90014-8)
- Gersten, R., Jordan, N. C. et Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 293-304. <https://doi.org/10.1177/00222194050380040301>
- Gibson S. et Dembo, M. (1984). Teacher efficacy : A construct validation. *Journal of Educational Psychology*, 76, 569-582.
- Gingras, L., Lavoie, A. et Audet, N. (2015). Enquête québécoise sur la qualité des services de garde éducatifs – *Grandir en qualité 2014*. Qualité des services de garde éducatifs dans les centres de la petite enfance. Québec, Institut de la statistique du Québec.
- Gingras, L., Lavoie, A. et Audet, N. (2015). La qualité éducative dans les installations de centres de la petite enfance. *Faits saillants, Enquête québécoise sur la qualité des services de garde éducatifs 2014*. Institut de la statistique du Québec.
- Gohier, C. (2004). De la démarcation entre critères d'ordre scientifique et d'ordre éthique en recherche interprétative. *Recherches qualitatives*, 24(1), 3-17.
- Greenwood, G., Olejnik, S. et Parkay, F. (1990). Relationships between four teacher efficacy belief patterns and selected teacher characteristics. *Journal of Research and Development in Education*, 23, 102-107.
- Guskey, T. R. (1981). Measurement of responsibility teachers assume for academic successes and failures in the classroom. *Journal of Teacher Education*, 32, 44-51.

- Hamre, B. K. et Pianta, R. C. (2007). Learning opportunities in preschool and early elementary classrooms. Dans R. Pianta, M. Cox, et K. Snow (Dir.), *School readiness and the transition to kindergarten in the era of accountability* (p. 49–84). Brookes.
- Houdé, O., Pineau, A., Leroux, G., Poirel, N., Perchey, G., Lanoë, C., Lubin, A., Turbelin, M.-R., Rossi, S., Simon, G., Delcroix, N., Lambertson, F., Vigneau, M., Wisniewski, G., Vicet, J.-R. et Mazoyer, B. (2011). Functional magnetic resonance imaging study of Piaget's conservation-of-number task in preschool and school-age children: A Neo-Piagetian approach. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(3), 332-346. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.04.008>
- Hughes, C. A. et Dexter, D. D. (2011). Response to Intervention: Remplacer par Response to intervention: A research-based summary. *Current Perspectives on Learning Disabilities and ADHD*, 50(1), 4-11. <https://doi.org/10.1080/00405841.2011.534909>
- Hutchison, J. E., Ansari, D. Zheng, S., De Jesus, S. et Lyons, I. M. (2020) The relation between subitizable symbolic and non-symbolic number processing over the kindergarten school year. *Developmental Science*, 23:e12884.
- Institut de la statistique du Québec. (2018). *L'Enquête québécoise sur le développement des enfants à la maternelle (EQDEM) 2017*. Gouvernement du Québec
- Jordan, N. C. (2010). Prédicteurs de réussite et de difficultés d'apprentissage en mathématiques chez le jeune enfant. *Encyclopédie sur le développement des jeunes enfants - Numératie* (p. 12-19). Centre d'excellence pour le développement des jeunes enfants.
- Karsenti, T. et Savoie-Zajc, L. (2000). *Introduction à la recherche en éducation*. CRP.
- Kershaw P., Warburton B., Anderson L., Hertzman C., Irwin L. G. et Forer B., (2010). Les coûts économiques de la vulnérabilité précoce au Canada. *Revue canadienne de santé publique 2010*, 101(3), S8-S13.
- Larose, F., Terrisse, B., Lenoir, Y. et Bédard, J. (2004). Approche écosystémique et fondements de l'intervention éducative précoce en milieux socio-économiques faibles. Les conditions de la résilience scolaire. *Brock Education Journal*, 13(2) 56-80.
- Lemelin, J.-P. et Boivin, M. (2007). *Mieux Réussir dès la Première Année: L'importance de la Préparation à l'école*. Institut de la Statistique Québec.
- Lubin, A., Lanoë, C., Pineau, A. et Rossi, S. (2012). Apprendre à inhiber : une pédagogie innovante au service des apprentissages scolaires fondamentaux (mathématiques et orthographe) chez des élèves de 6 à 11 ans. *Neuroeducation*, 1(1), 55-84.
- Lyons, I. M. et Ansari, D. (2015) Numerical order processing in children: From reversing the distance-effect to predicting arithmetic. *Mind, Brain and Education*, 9, 207-221.
- Mérini, C. (2007). Les dynamiques collectives dans le travail de l'enseignant : du mythe à l'analyse d'une réalité. Dans J. F. Marcel, V. Dupriez, D. Périsset Bagnoud. et M. Tardif (Dir.), *Coordonner, collaborer, coopérer : de nouvelles pratiques enseignantes* (p. 35-47). INRP.
- Ministère de l'éducation, du loisir et du sport. (2003). *Programme de formation à l'école québécoise. Éducation préscolaire*. Enseignement primaire. Gouvernement du Québec.
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2020). *Programme-cycle d'éducation préscolaire*. Éducation préscolaire. Gouvernement du Québec.
- Noël, M.-P. (2005). *La dyscalculie : trouble du développement numérique de l'enfant*. Éditions Solal.

- Nosworthy, N., Bugden, S., Archibald, L., Evans, B. et Ansari, D. (2013). A two-minute paper-and-pencil test of symbolic and nonsymbolic numerical magnitude processing explains variability in primary school children's arithmetic competence. *PLoS ONE*, 8(7), e67918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067918>
- Pagani, L. S., Fitzpatrick, C., Archambault, I. et Janosz, M. (2010). School readiness and later achievement: A French Canadian replication and extension. *Developmental psychology*, 46(5), 984-994. <http://doi.org/10.1037/a0018881>
- Piaget, J. (1952). Autobiography. Dans E. Boring (Dir.), *History of psychology in autobiography* (Vol. 4). Clark University Press.
- Pianta, R. C., LaParo K. et Hamre, B. (2008). *Classroom Assessment Scoring System PreK manual*. Brookes.
- Richard, M., Gauthier, C. et Bissonnette, S. (2005). Interventions pédagogiques efficaces et réussite scolaire des élèves provenant de milieux défavorisés. *Revue française de pédagogie*, 115 87-141.
- Riley, M., Greeno, J., et Heller, J. (1983). Development of children's problem-solving ability in arithmetic. Dans H. P. Ginsburg (Dir.), *The development of mathematical thinking* (p. 153-196). Academic Press.
- Rossi, S., Lubin, A., Lanoë, C. et Pineau, A. (2012). Une pédagogie du contrôle cognitif pour l'amélioration de l'attention à la consigne chez l'enfant de 4-5 ans. *Neuroéducation*, 1(1), 29-54. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20120101.29>
- Rourke, B. P. et Conway, J. A. (1997). Disabilities of arithmetic and mathematical reasoning: Perspectives from neurology and neuropsychology. *Journal of Learning Disabilities*, 30 (1), 34.
- Simard, M., Lavoie, A. et Audette, N. (2018). *Enquête québécoise sur le développement des enfants à la maternelle (EQDEM) 2017*. Institut de la Statistique du Québec.
- Tschannen-Meran, M., Woolfolk Hoy, A. et Hoy, W. (1998). Teacher efficacy: Its meaning and measure. *Review of Educational Research*, 68(2), 202-248.
- Van Nieuwenhoven, C. (1999). *Le comptage : vers la construction du nombre*. De Boeck Université.
- Vaughn, S., Linan-Thompson, S. et Hickman, P. (2003). Response to instruction as a means of identifying students with reading/learning disabilities. *Exceptional children*, 69(4), 391-409.
- Whitten, E., Esteves, K. J. et Woodrow, A. (2012). *La réponse à l'intervention un modèle efficace de différenciation* (trad. par D. D. Demers). Chenelière éducation.