



REVUE INTERNATIONALE DE
COMMUNICATION ET SOCIALISATION

REGARDS CROISÉS SUR L'APPRENTISSAGE
DES MATHÉMATIQUES À L'ÉDUCATION
PRÉSCOLAIRE/MATERNELLE :
PERSPECTIVES INTERNATIONALES

DIRECTION :

MANON BOILY
NATHALIE ANWANDTER-CUELLAR

Volume 10, numéro 1
2023

DIRECTEUR-ÉDITEUR : JEAN-CLAUDE KALUBI
CO-DIRECTRICE ÉDITRICE : NANCY GRANGER

©RICS - ISSN 2292-3667



EXPLORER LA RELATION ENTRE LE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL DES ENSEIGNANTS ET LES HABILITÉS NUMÉRIQUES DES ENFANTS DE MATERNELLE**

HELENA P. OSANA, UNIVERSITÉ DE CONCORDIA, CANADA¹

ARIELLE ORSINI, UNIVERSITÉ CONCORDIA, CANADA

REBECCA MACCAUL, UNIVERSITÉ CONCORDIA, CANADA

QUESSIA SINDAYIGAYA, UNIVERSITÉ CONCORDIA, CANADA

KIM PROVOST-LAROCQUE, UNIVERSITÉ DU QUÉBEC EN OUTAOUAIS, CANADA

ANNE LAFAY, UNIVERSITÉ CONCORDIA, CANADA

Résumé

Certains enfants, en particulier ceux des milieux socioéconomiques défavorisées, commencent l'école avec moins de préparation à la numératie que les autres. L'objectif principal de la présente étude était d'investiguer la relation entre une activité de développement professionnel pour des enseignants de maternelle en école de milieux socioéconomiques défavorisés d'une part et le développement des habiletés numériques de leurs élèves au cours de l'année scolaire. Un développement professionnel fondé sur le développement de la numératie chez les enfants a été proposé à un groupe d'enseignantes de maternelle provenant d'écoles situées dans un milieu socioéconomique défavorisé. L'amélioration des habiletés numériques de leurs élèves au cours de l'année a été comparée à celle des enfants de deux milieux scolaires par un devis quasi expérimental : une école de l'IB dans le même milieu socioéconomique que le groupe qui a reçu le développement professionnel et une école dans une région économiquement favorisée. Les résultats ont montré une relation entre le développement professionnel et l'amélioration des habiletés numériques, à savoir au niveau de la correspondance terme à terme, la cardinalité et la capacité à relier les nombres et les quantités d'objets.

Mots-clés

Appréhension séquentielle, apprentissages géométriques, développement global de l'enfant, école maternelle, formes géométriques, potentiel sémiotique, problèmes de catégorisation.

¹ Adresse de contact : helena.osana@concordia.ca

**Pour citer cet article :

Osana, H.P., Orsini, A., MacCaul, R., Sindayigaya, Q., Provost-Larocque, K. et Lafay, A. (2023). Explorer la relation entre le développement professionnel des enseignants et les habiletés numériques des enfants de maternelle. *Revue internationale de communication et socialisation*, 10(1), 84-104.

1. INTRODUCTION

Les habiletés numériques présentes dès l'entrée à l'école sont prédictives de la réussite scolaire ultérieure (Duncan et al., 2007). Une exposition à la numératie en bas âge, adaptée au développement de l'enfant, permet de construire les fondements nécessaires à l'apprentissage et à la réussite scolaire en mathématiques (Ginsburg et al., 2008). Toutefois, certains enfants entament leur scolarité sans avoir suffisamment développé leurs habiletés numériques pour être prêts pour les apprentissages en mathématiques. Différents facteurs sont en cause, notamment la qualité et la fréquence des activités de numératie offertes à l'éducation préscolaire, particulièrement pour les enfants provenant de milieux socioéconomiques (MSE) défavorisés qui, sans ces activités, sont plus à risque de présenter un retard dans leurs apprentissages dès la première année, puis de voir cet écart se creuser d'année en année par la suite (Aunola et al., 2004 ; Goldhaber et al., 2016). La présente recherche vise à examiner la relation entre un programme de développement professionnel (DP) offert à des enseignantes de maternelle en MSE défavorisé d'une part et, d'autre part, le développement des habiletés numériques des enfants de leur groupe au cours d'une année scolaire. Le programme de DP reposait sur deux composantes ayant été identifiées comme prédictives des apprentissages en mathématiques : le développement des habiletés numériques chez l'enfant et l'accompagnement direct des enseignantes (Kazemi et al., 2009 ; Willingham, 2017). Comme il y a peu de littérature scientifique sur le développement numérique des enfants de la maternelle dans le programme du Baccalauréat international (IB), un objectif secondaire de l'étude était d'explorer les compétences numériques des enfants d'une école de l'IB par rapport à leurs pairs dans les écoles non IB.

L'article présente les résultats d'une étude quasi expérimentale qui a investigué la relation entre le développement professionnel et le développement des habiletés numériques des jeunes enfants. Une première partie présente le contexte de la recherche, suivie d'une description du cadre théorique qui a guidé l'étude et l'approche méthodologique. Après avoir présenté les données, les résultats sont interprétés et les implications éducatives sur les pratiques numériques dans les contextes de la petite enfance sont exposées. Dans l'article, les termes « habiletés numériques » sont utilisés pour désigner les compétences spécifiquement relatives au nombre qui ont été ciblées et mises à l'essai dans le cadre de cette recherche (par exemple : comptage, connaissance des nombres, transcodage). Le terme « numératie » est utilisé pour désigner le domaine de connaissances qui englobe la collection de ces compétences particulières dans leur ensemble.

2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET PROBLÉMATIQUE

La présente section situe l'étude dans le contexte des recherches antérieures sur les habiletés numériques précoces et décrit le rôle critique du développement professionnel pour les enseignants dans les premières années, en particulier dans les contextes éducatifs défavorisés. La section se termine par une brève description du programme IB.

2.1 Importance des habiletés numériques chez le jeune enfant

Les habiletés numériques développées au cours de la petite enfance et à l'éducation préscolaire sont hautement prédictives de la réussite scolaire en mathématiques au primaire et même au-delà (Duncan et al., 2007 ; Geary et al., 2013 ; Jordan et al., 2007 ; Jordan et al., 2009 ; Watts et al., 2014). La présente étude se concentre sur les habiletés numériques qui constituent le fondement de la réussite en mathématiques aux niveaux primaire et secondaire (Aunola et al., 2004 ; Purpura et al., 2013). Ces habiletés sont suffisamment spécifiques pour que les

enseignants, avec des évaluations appropriées, puissent identifier les difficultés des enfants et intervenir le cas échéant. Un large éventail d'habiletés numériques a été identifié dans la littérature, et la recherche de leur pouvoir prédictif de la réussite mathématique des enfants à l'école est en cours. Les habiletés les plus communément identifiées dans la littérature comme fondamentales, et celles qui font l'objet de la présente étude, comprennent le comptage verbal, le dénombrement, y compris la correspondance terme à terme et la cardinalité, ainsi que la connaissance des nombres, y compris le transcodage et l'ordre des nombres (pour une liste plus complète, voir Purpura et Lonigan, 2015).

À la maternelle, le comptage, la connaissance des nombres symboliques et des relations entre les nombres, par exemple, sont des habiletés permettant de prédire le rendement scolaire à la fin de la première année du primaire (Jordan et al., 2007 ; Martin et al., 2014). Jordan et al. (2009) ont même observé que les enfants qui ont débuté la maternelle avec des habiletés numériques moins développées que leurs pairs, et qui n'ont pas réussi à les développer suffisamment au cours de l'automne, présentent toujours un retard en mathématiques par rapport à leurs pairs en troisième année. L'éducation préscolaire est donc une période charnière quant au développement des habiletés numériques de l'enfant, qui sont également déterminantes pour la réussite scolaire ultérieure.

Plusieurs recherches relèvent que les jeunes enfants provenant d'un MSE défavorisé sont significativement moins exposés à la numératie avant leur entrée à l'école que leurs pairs (National Mathematics Advisory Panel [NMAP], 2008 ; Rathbun et al., 2004 ; Starkey et al., 2004). De plus, ils participent souvent à moins d'activités d'éveil aux mathématiques à la maison, telles que des conversations mathématiques avec leurs parents (Ramani et al., 2015; National Research Council [NRC], 2009 ; Jordan et al., 2006). Or, l'exposition précoce à la maison est directement corrélée au développement des habiletés numériques chez le jeune enfant (Blevins-Knabe et Musun-Miller, 1996). Ainsi, les enfants provenant d'un MSE défavorisé entrent à l'école en accusant déjà un retard quant au développement de ces habiletés qui constituent les bases de la scolarisation (Kleemans et al., 2012 ; LeFevre et al., 2009, 2010 ; Niklas et Schneider, 2017). Cela crée un écart qui persiste tout au long de la scolarité entre ces enfants et ceux provenant d'un MSE plus favorisé en ce qui a trait au rendement scolaire en mathématiques (Arnold et Doctoroff, 2003 ; Ginsburg et al., 2008 ; Jordan et al., 2006). De plus, cet écart s'accroît alors qu'ils progressent plus lentement que leurs pairs au fil des ans (Aunola et al., 2004 ; Goldhaber et al., 2016 ; Morgan et al., 2011). En raison du rôle déterminant des habiletés numériques chez le jeune enfant dans la réussite scolaire ultérieure, il est donc crucial d'offrir aux enfants vulnérables une exposition à des activités de qualité, adaptée à leurs besoins, dès l'éducation préscolaire, afin de leur permettre d'acquérir les bases nécessaires aux apprentissages avant l'apparition ou l'aggravation des difficultés.

2.2 Développement professionnel des enseignants

Nonobstant l'importance du développement des habiletés numériques, les enseignant·e·s à l'éducation préscolaire en Amérique du Nord, incluant ceux et celles du Québec où s'est déroulée la recherche, disposent de peu d'informations concrètes, telles que les habiletés spécifiques à maîtriser, pouvant les guider dans leur pratique (Gouvernement du Québec, 2021). Généralement, lorsque des activités d'éveil à la numératie sont proposées en classe, celles-ci sont soit orientées sur les procédures, soit basées sur le jeu libre sans qu'un soutien lié à la numératie ne soit offert par l'enseignant·e (Ginsburg et Ertle, 2008). Cela fait en sorte que les enfants sont souvent privés de conversations ou d'interactions riches qui procurent des occasions de réfléchir à des questions mathématiques (Clements et Sarama, 2011 ; Hachey, 2013 ; Starkey et al., 2004 ; Stipek, 2013), lesquelles soutiennent le développement des habiletés numériques.

Des interventions précoces en numératie, offertes notamment dans le cadre de programmes de DP qui visent à mettre en place des programmes scolaires et des interventions probantes tout en accompagnant les enseignant-e-s dans leurs changements de pratiques, ont permis aux enfants, même à l'éducation préscolaire, d'améliorer leurs compétences en numératie (Clements et Sarama, 2007 ; Hawes et al., 2021 ; Presser et al., 2015 ; Toll et Van Luit, 2012). La présente recherche s'appuie sur deux des dimensions essentielles du DP des enseignant-e-s en mathématiques, telles que relevées par Borko et al. (2010). D'abord, le DP doit tenir compte du développement des habiletés numériques chez l'enfant (ex : Willingham, 2017). En effet, lorsque les enseignant-e-s connaissent la pensée mathématique de l'enfant, elles peuvent créer des activités qui ciblent adéquatement les concepts souhaités et qui répondent aux besoins et aux habiletés des enfants de leur classe (Carpenter et al., 1989 ; Fennema et al., 1996 ; Willingham, 2017). De plus, le DP devrait être directement lié à la pratique et transférable en classe (Kazemi et al., 2009). En somme, pour que le DP engendre un changement durable des pratiques professionnelles des enseignant-e-s, il doit leur permettre d'améliorer leurs connaissances théoriques quant au développement de la pensée des enfants et à l'enseignement des mathématiques, les accompagner dans le transfert de ces nouvelles connaissances en classe, ainsi que les encourager à réfléchir et à discuter des expériences vécues (Borko et al., 2010).

En outre, l'accompagnement des enseignant-e-s qui œuvrent dans un MSE défavorisé présente un défi supplémentaire. Selon Ginsburg et al. (2008), de nombreux enseignant-e-s n'ont pas la formation nécessaire pour faire face aux lacunes présentes chez les jeunes enfants issus d'un MSE défavorisé. Ainsi, le DP visant explicitement les pratiques enseignantes est d'autant plus pertinent pour les enseignant-e-s de ces milieux. De nombreuses interventions se sont révélées efficaces pour améliorer les habiletés numériques chez les jeunes enfants provenant d'un MSE défavorisé et fréquentant l'éducation préscolaire (Klein et al., 2008 ; Siegler, 2009 ; Starkey et al., 2004). Dans une recherche exhaustive auprès d'enseignants de la prématernelle, Starkey et al. (2004) ont présenté des activités visant à intégrer le programme de prématernelle en classe (Klein et al., 2002) et ont offert des ateliers de DP couvrant à la fois le programme et le développement des habiletés numériques de l'enfant. À l'aide d'un devis prétest-intervention-posttest, Starkley et al. (2004) ont comparé les performances numériques des enfants des classes qui ont participé à l'intervention à celles d'enfants qui n'y ont pas participé, en tenant compte du MSE (à faible revenu vs à revenu moyen). Dans le groupe d'enfants ayant participé à l'intervention, l'amélioration a été plus marquée chez les enfants provenant de MSE à faible revenu que chez les enfants provenant de MSE à revenu moyen. De plus, à la suite de l'intervention, la performance du groupe d'enfants provenant de MSE à faible revenu a rejoint celle du groupe d'enfants provenant de MSE à revenu moyen qui n'avaient pas participé à l'intervention. Cela indique que l'intervention préventive qui cible les concepts fondamentaux peut permettre de réduire ou de supprimer l'écart entre les enfants provenant d'un MSE défavorisé et leurs pairs. Cette constatation est d'autant plus intéressante compte tenu de l'importance de donner les mêmes chances de réussite à tous en réduisant les inégalités face aux enfants provenant d'un MSE défavorisé (Ginsburg et al., 2008).

2.3 Programme de Baccalauréat International

Le programme de l'IB est un programme reconnu à l'échelle internationale qui offre une qualification préuniversitaire dans plus de 100 pays. Des premières années au programme de diplôme pré-universitaire, le programme est axé sur le développement académique et personnel et est dirigé selon une pédagogie basée sur la recherche.

Le fait de provenir d'un MSE défavorisé correspond généralement à un désavantage significatif pour les enfants. Cependant, un certain nombre d'enfants de cette population n'est peut-être pas aussi désavantagé, à savoir ceux qui fréquentent un établissement scolaire offrant le programme du Baccalauréat International (IB). Le programme primaire de l'IB fournit un cadre d'apprentissage commun à toutes les institutions de l'IB à travers le monde. Au Québec, la plupart des programmes de l'IB sont offerts dans les écoles publiques et sont donc répartis dans des MSE variés, y compris des MSE défavorisés (Resnik, 2020). De nombreuses écoles de l'IB sélectionnent leurs élèves au moyen de tests d'admission, même à l'éducation préscolaire. Ces tests visent à évaluer les aptitudes cognitives, langagières, motrices, affectives et sociales des enfants, pour déterminer s'ils sont bien préparés pour le programme primaire de l'IB. Les critères de sélection créent possiblement des regroupements d'enfants performants dans les écoles de l'IB situées dans les MSE défavorisés.

Il n'existe peu ou pas de recherches ayant comparé les jeunes enfants IB aux enfants non IB, particulièrement en ce qui a trait à leurs apprentissages des habiletés numériques. À l'heure actuelle, aucune donnée ne permet de déterminer si les enfants qui débutent l'éducation préscolaire dans les écoles de l'IB sont déjà mieux préparés aux apprentissages que leurs pairs qui fréquentent des écoles non IB, ni dans quelle mesure le MSE joue un rôle dans cette équation. De plus, le développement de la numératie à l'éducation préscolaire dans le programme primaire de l'IB n'a jamais été documenté. Pour toutes ces raisons, cette population d'enfants a été incluse dans la présente recherche à titre de groupe témoin.

3. CADRE THÉORIQUE

Le cadre théorique qui a guidé la présente recherche était l'instruction cognitive guidée (Cognitively Guided Instruction, CGI ; Carpenter et al., 2014). La CGI est un programme de développement professionnel pour les enseignants de mathématiques qui est fondé sur les notions de constructivisme et sur le développement de la pensée mathématiques des enfants depuis le début de la scolarité jusqu'aux premières années du secondaire (Carpenter et al., 1997; Empson et Levi, 2011). Les principes fondamentaux de la CGI sont fondés sur un vaste corpus de recherches montrant que les enfants arrivent à l'école avec une compréhension intuitive du nombre et construisent de nouvelles connaissances en restructurant leurs représentations mentales (Cobb, 1988 ; Steffe et Kieran, 1994). Le sens que l'enfant fait est au cœur de la pédagogie adoptée dans le programme (Li et Schoenfeld, 2019).

Le principe fondamental du développement professionnel de la CGI est que les enseignants qui ont des connaissances professionnelles portant sur la cognition mathématique des enfants et sur la façon dont celle-ci se développe sont les mieux outillés pour évaluer la pensée de leurs élèves et ainsi créer des environnements d'enseignement propices à la compréhension des mathématiques chez les enfants. Les caractéristiques fondamentales de ces environnements d'apprentissage sont d'encourager les enfants à partager leurs approches de résolution de problèmes et de valoriser les contributions de chacun aux discussions mathématiques qui ont lieu. Ainsi, les enseignants doivent choisir les tâches en fonction de la pensée de leurs élèves et établir une culture de classe qui valorise la communication et la réflexion (Hiebert et al., 1997).

Le développement professionnel lui-même comprend (a) des ateliers où les enseignants sont exposés aux compétences numériques de base qui sont essentielles à la réussite mathématique des enfants et à la façon dont les enfants en viennent à les acquérir, et (b) un soutien en classe conçu pour encourager les enseignants à réfléchir à la pensée de leurs élèves et aux types d'activités qui peuvent l'encourager et l'étendre. Les

compétences numériques de base qui sont au cœur du développement professionnel de la CGI dans les premières années sont celles qui sont fondamentales pour la réussite des enfants en mathématiques, y compris le comptage et le dénombrement, les concepts de partie et d'ensemble, ainsi que les stratégies de résolution de problèmes et de réflexion relationnelle (Carpenter et al., 2003, 2016). Ainsi, ce travail est fondé sur le développement cognitif des enfants et s'harmonise avec les objectifs pédagogiques du programme CGI.

3.1 But, questions et hypothèses de recherche

Sachant que les habiletés numériques ont une incidence sur les performances futures en mathématiques et en tenant compte du rôle important des enseignant·e·s quant au soutien offert aux enfants pour les amener à développer leurs habiletés, la présente recherche a pour but d'explorer l'efficacité d'un DP à l'attention des enseignant·e·s de la maternelle sur les habiletés numériques des enfants. Les habiletés numériques reconnues comme étant des prérequis aux apprentissages en mathématiques de la première année (Jordan et al., 2007) ont été ciblées de façon spécifique et une démarche d'accompagnement des enseignant·e·s comprenant notamment des visites en classe tout au long de l'année scolaire a été mise sur pied. Plus précisément, la recherche visait à évaluer si, et dans quelle mesure, le DP permettrait d'améliorer les habiletés numériques d'enfants fréquentant la maternelle dans un milieu urbain défavorisé du Québec. À l'aide d'un devis quasi expérimental, une comparaison a été réalisée entre (1) les habiletés numériques chez les enfants de la maternelle provenant d'écoles situées en MSE défavorisé, (2) celle d'enfants provenant d'une école de l'IB située dans le même MSE défavorisé et (3) celle d'enfants provenant d'une école en MSE favorisé qui ne suivent pas le programme de l'IB.

Les enseignantes participantes, œuvrant dans des écoles à MSE défavorisé, ont participé à trois ateliers en six mois, entrecoupés de visites régulières en classe de membres de l'équipe de recherche, lesquelles se sont échelonnées tout au long de l'année, afin de soutenir le transfert du contenu des ateliers dans les pratiques enseignantes en classe. Leurs élèves ont été évalués avant le DP (temps 1) et à nouveau à la fin de l'année (temps 2). Les enfants du MSE favorisé et de l'école de l'IB ont également été évalués aux mêmes moments, mais sans qu'il n'y ait de DP. Tous les enfants participants ont été évalués au niveau de leur capacité en mémoire de travail verbale et en inhibition au temps 1 afin de fournir des données descriptives sur les compétences fonctionnelles des enfants des trois groupes et de les utiliser comme covariables dans les analyses subséquentes.

La présente recherche visait à répondre à deux questions de recherche. Premièrement, à la suite des activités de DP et des interventions en classe, les habiletés numériques des enfants de MSE défavorisé s'amélioreraient-elles par rapport à celles des enfants des deux groupes témoins? Comme en témoignent d'autres recherches portant sur des interventions en numératie menées par des enseignant·e·s (Clements et Sarama, 2007 ; Hawes et al., 2021 ; Klein et al., 2008 ; Presser et al., 2015 ; Starkey et al., 2004), l'hypothèse retenue était que le groupe à MSE défavorisé aurait des habiletés numériques significativement plus faibles que le groupe à MSE favorisé, mais que les gains réalisés à la fin de l'année par les enfants du groupe à MSE défavorisé seraient significativement plus importants que ceux des enfants des deux groupes témoins. Deuxièmement, comment les habiletés numériques du groupe IB se compareraient-elles à celles des deux autres groupes (a) au début de l'année, et (b) quant aux gains réalisés en fin d'année? Cette comparaison permettrait de décrire le développement des habiletés numériques chez un groupe d'enfants inscrits à un programme de l'IB, ce qui n'a jamais été fait à ce jour. Il est à rappeler que l'école de l'IB était située dans la même communauté défavorisée que les écoles à MSE défavorisé ayant bénéficié du DP, mais que les enfants de l'école de l'IB y ont été admis à

la suite d'un processus de sélection qui évaluait leurs compétences cognitives, affectives et sociales. Par conséquent, l'équipe de recherche s'attendait à des différences entre le groupe à MSE défavorisé et le groupe IB en ce qui concerne leurs habiletés numériques. Toutefois, en raison du manque de recherche sur les trajectoires de développement des enfants des programmes de l'IB, il n'a pas été possible de poser des hypothèses plus précises quant aux différences initiales entre le groupe IB et celui du MSE favorisé, ni quant à la façon que la performance des enfants du groupe IB allait varier au cours de leur année de maternelle.

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Participants

Les participant·e·s, enfants et enseignantes, ont été recruté·e·s dans cinq écoles publiques de Montréal (QC, Canada), dans le cadre d'un partenariat préexistant avec l'équipe de recherche. L'échantillon était constitué de 103 enfants de la maternelle provenant des classes de 12 enseignantes participantes. La moitié des enfants de l'échantillon étaient des filles. L'âge moyen des enfants était de 66,1 mois (écart-type = 3,85) au prétest et de 72,2 mois (écart-type = 3,75) au posttest.

Chaque année, le gouvernement du Québec publie un indice de seuil de faible revenu pour chaque école publique de la province. L'indice représente la proportion de familles avec enfants vivant près ou sous le seuil de faible revenu. Les indices de seuil de faible revenu des écoles participantes pour l'année où l'étude a été menée (2018-2019 ; Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Supérieur, 2018) ont été utilisés pour constituer trois groupes : un groupe d'intervention (MSE défavorisé ; $n = 5$ enseignantes ; $n = 39$ enfants) et deux groupes témoins. Les trois écoles du groupe d'intervention comptaient respectivement 27,9 %, 26,9 % et 25,9 % des familles vivant près ou sous le seuil de faible revenu. Les trois écoles étaient au 9e décile. Dans le premier groupe témoin (MSE favorisé ; $n = 3$ enseignantes ; $n = 32$ enfants), 11,4 % des familles étaient près ou sous le seuil de faible revenu (école au 2e décile). Dans l'école de l'IB du deuxième groupe témoin (IB ; $n = 4$ enseignantes ; $n = 31$ enfants), 21,5 % des familles étaient près ou sous le seuil de faible revenu (école au 7e décile). Avant leur entrée à l'éducation préscolaire, tous les enfants du groupe IB ont fait l'objet d'un processus de sélection comprenant notamment des tests d'admission.

4.2 Type de recherche

Un devis quasi expérimental a été utilisé pour comparer le groupe MSE défavorisé, qui a participé au DP, aux deux groupes témoins, qui ont simplement suivi le programme régulier de la maternelle au cours de l'année scolaire. Deux fonctions exécutives et onze habiletés numériques ont été évaluées chez les enfants des trois groupes, en octobre et novembre 2018 (c'est-à-dire avant le DP pour le groupe MSE défavorisé) et à nouveau en mai et juin 2019 (c'est-à-dire après le DP pour le groupe MSE défavorisé). Les évaluations ont été menées en français ou en anglais, selon la langue avec laquelle l'enfant était le plus à l'aise. Le DP comprenait trois ateliers, présentés en novembre 2018, janvier et avril 2019, et des visites en classe qui se sont échelonnées de novembre 2018 à avril 2019. L'objectif des visites en classe était de fournir un soutien aux enseignantes pour le transfert des activités de numératie présentées lors des ateliers et pour les guider dans leurs interactions avec leurs élèves de façon à promouvoir le développement des habiletés numériques chez ces derniers (Ginsburg et Ertle, 2008).

4.3 Intervention : Développement professionnel visant la numératie et les habiletés numériques

Trois ateliers d'une journée complète, animés par la première autrice, ont été présentés aux enseignantes participantes du groupe MSE défavorisé. Chaque atelier prévoyait des présentations, des discussions de groupe et des activités en petits groupes. La première autrice a fait les présentations et guidé les discussions, au cours desquelles les enseignantes ont participé à des activités de numératie, tout en portant un regard réflexif sur le contenu des ateliers et en ayant l'occasion de poser leurs questions. Le contenu des ateliers était axé sur l'importance de l'éveil à la numératie à l'éducation préscolaire et sur les habiletés numériques fondamentales connues comme étant prédictives de la réussite ultérieure en mathématiques (ex. : Jordan et al., 2007), soit le comptage verbal, le dénombrement, la connaissance des nombres, le calcul non verbal, la résolution de problèmes et les combinaisons de nombres. De plus, les enseignantes ont été initiées aux jeux de numératie du programme « Number Worlds » (Griffin, 2003) qui ont justement été conçus de façon à cibler plusieurs des habiletés numériques fondamentales en numératie. Aussi, les enseignantes ont joué ensemble à « Catch the Teacher » et à « Number Line Game » (Griffin, 2006) ce qui leur a permis d'expérimenter les riches conversations mathématiques qui leur avaient été présentées comme essentielles au développement des apprentissages des enfants. Les enseignantes ont également été formées à l'utilisation de la littérature jeunesse pour susciter des conversations mathématiques en classe.

Entre le deuxième et le troisième atelier, les enseignantes ont identifié des enfants qui rencontraient des difficultés avec certaines des habiletés fondamentales en numératie et un petit nombre d'enfants de chacune des classes participantes a ainsi été sélectionné pour travailler individuellement avec une chercheuse sur des activités de numératie. Ces activités n'avaient pas pour but l'évaluation des enfants, mais avaient plutôt été conçues pour offrir des occasions de générer des conversations mathématiques qui viendraient soutenir le développement de leurs habiletés numériques. Ces rencontres ont été filmées, puis des extraits ont été utilisés lors de l'atelier final pour susciter la réflexion chez les enseignantes participantes, leur permettant ainsi de développer davantage leurs connaissances à la fois sur les enfants et sur l'enseignement.

Enfin, une démarche d'accompagnement a également été mise en œuvre : des membres de l'équipe de recherche se sont rendus dans les cinq classes participantes du groupe MSE défavorisé à raison de deux fois par mois entre novembre 2018 et avril 2019. Les enseignantes ont été avisées des visites des membres de l'équipe de recherche à l'avance et elles devaient prévoir des activités de numératie à être réalisées avec les élèves lors des visites. Les enseignantes étaient libres de choisir le sujet, l'activité et le matériel de manipulation qu'elles souhaitaient : certaines enseignantes ont créé des « centres de mathématiques » dans leurs salles de classe ; d'autres ont orchestré des activités en groupe ou en petits groupes sur des concepts numériques particuliers. Les chercheuses ont observé les activités en classe, soit au fond de la classe, soit près d'un petit groupe où l'enseignante interagissait avec les enfants. Après chaque période d'observation, la chercheuse rencontrait l'enseignante pour discuter des activités, de la compréhension des enfants et des interactions entre les enfants et l'enseignante sur la numératie. Chaque observation en classe a duré entre 20 et 45 minutes et les discussions avec les enseignantes ont duré entre 10 et 60 minutes chacune.

4.4 Instruments de mesure

La présente section décrit les instruments de mesure qui ont été utilisés auprès de tous les enfants participants.

4.4.1 Fonctions exécutives

Séquences de chiffres en ordre inverse. Cette tâche, tirée du sous-test *Séquences de chiffres* de l'échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants 5^e édition (WISC-V) (Wechsler, 2014), a été utilisée pour mesurer la mémoire de travail auditive-verbale des enfants. La chercheuse lisait une séquence de chiffres à l'enfant, qui devait ensuite répéter les chiffres dans l'ordre inverse. L'épreuve comprend sept séries de deux items de même empan (même nombre de chiffres à répéter), soit 14 items. La première série débutait avec des séquences de chiffres avec un empan de deux et l'empan augmentait à chaque série. La tâche prenait fin lorsque l'enfant commettait deux erreurs dans la même série. Le score de l'enfant correspondait à l'empan de la série la plus avancée où il avait réussi au moins un item.

Go/No-Go. Cette application, présentée sur iPad (Ding, 2017), a été utilisée pour mesurer le contrôle inhibiteur des enfants (Simmonds et al., 2008). La tâche consiste en deux stimuli, présentés un à la fois en ordre aléatoire pendant une seconde sur l'écran. Le stimulus « Go », que les enfants devaient toucher le plus rapidement possible, était une souris. Le stimulus « No-Go », que les enfants ne devaient pas toucher, était un chat. La tâche comprenait 40 items (30 stimulus « Go » et 10 stimulus « No-Go »). Un score d' , établi selon la théorie de la détection du signal (Macmillan et Creelman, 2005) a été calculé afin d'apprécier les capacités de discrimination des enfants entre les deux stimuli. Le score d' est le taux de réussite standardisé moins le taux de fausses alarmes standardisé : $d' = Z[\text{taux de réussite}] - Z[\text{taux de fausses alarmes}]$ (Schmidt et Vorberg, 2006). Le taux de réussite est la proportion d'items « Go » touchés (réussis), et le taux de fausses alarmes est la proportion d'items « No-Go » touchés (ratés).

4.4.2 Habiletés numériques

Les habiletés numériques des enfants ont été mesurées à l'aide de certaines tâches provenant du *Preschool Early Numeracy Screener* (PENS) (Purpura et Lonigan, 2015), qui permet une évaluation détaillée des compétences essentielles au développement de la numératie chez les jeunes enfants. Les tâches utilisées sont décrites ci-dessous. Pour éviter l'effet d'ordre de passation de présentation des tâches, celui-ci a été pseudorandomisé en prévoyant six ordres de présentations différents. De plus, pour la tâche *Lecture de nombres*, quatre ordres de présentation des items de la tâche ont été utilisés.

Comptine numérique orale. La maîtrise de la comptine numérique orale des enfants a été évaluée en leur demandant de compter verbalement le plus loin possible à partir de 1 (jusqu'à 100 si possible), sans faire d'erreur. Les enfants ont reçu un point pour chaque borne franchie sans faire d'erreur, les bornes ayant été préalablement fixées à 5, 10, 15, 20, 25, 40 et 100.

Correspondance terme à terme. Afin d'évaluer la maîtrise du principe de correspondance terme à terme des enfants, ils ont dû compter des points un à un, à voix haute et en les pointant du doigt, pour dénombrer des ensembles de points. Pour chaque item, des ensembles de points étaient présentés sur une page. Il y avait cinq items (donc cinq pages différentes) et chacune valait un point, pourvu que l'enfant ait pointé chaque point et dit un seul nombre par point, en respectant la comptine numérique. Aucun point n'était attribué s'il y avait une erreur de comptage.

Cardinalité. La cardinalité fait référence à la capacité d'identifier le nombre total d'objets dans un ensemble. Les trois premiers items de la tâche *Correspondance terme à terme* ont été utilisés pour vérifier le principe de cardinalité chez les enfants en leur demandant combien il y avait de points lorsqu'ils ont eu fini de les dénombrer. Un point a été alloué pour chaque réponse exacte et aucun point pour une réponse inexacte.

Donne-n. La tâche Donne-n (Paliwal et Baroody, 2018) a permis d'évaluer les habiletés à produire une collection d'objets à partir d'une collection plus grande. Six items ont été présentés pour cette tâche. Pour les trois premiers, les enfants disposaient de 10 blocs de bois et la chercheuse leur a demandé de lui en remettre 4, puis 3, puis 6. Pour les trois derniers items, les enfants disposaient de 20 blocs et ont été invités à remettre à la chercheuse 16, puis 8, puis 11 blocs. Un point était alloué pour avoir remis la bonne quantité de blocs à la chercheuse, aucun point n'était alloué si la quantité de blocs était inexacte.

Principe d'abstraction du dénombrement. Cette tâche est semblable à la tâche *Cardinalité*, mais les images présentées pour un même item proviennent de plusieurs catégories (chiens bruns et autos bleues). Les enfants ont été évalués sur leur habileté à compter seulement le nombre de chiens, sans tenir compte des autres images présentées. Il y avait quatre items (donc quatre pages) pour cette tâche. La moitié des items comptaient plus de chiens que d'autos et l'autre moitié comptait plus d'autos que de chiens. Un point était alloué pour chaque réponse exacte, aucun point pour une réponse inexacte.

Subitisation. L'efficacité du processus de subitisation (perception précise et quasi instantanée des petites quantités) des enfants a été évaluée à l'aide de la tâche Subitisation. Pour chacun des sept items de cette tâche, une feuille de papier comprenant des images de lapins a été montrée pendant 2 secondes aux enfants. La chercheuse demandait ensuite combien il y avait de lapins sur la page. La quantité variait d'un à sept lapins. Un point était alloué pour une réponse exacte et aucun point n'était alloué pour une réponse inexacte.

Comparaison symbolique. Le traitement numérique des nombres symboliques (arabes et oraux) des enfants a été évalué en leur demandant d'identifier le plus grand nombre ou le plus petit nombre (selon les items) parmi quatre nombres. Les nombres étaient écrits en chiffres sur une feuille pour les quatre premiers items et lus à voix haute par la chercheuse pour les deux derniers items. Pour la moitié des items, les enfants devaient identifier le plus grand nombre et pour l'autre moitié le plus petit. Un point était alloué pour chaque réponse exacte et aucun point n'était alloué pour une réponse inexacte.

Comparaison non symbolique. Le traitement numérique des nombres non symboliques (c'est-à-dire analogiques) des enfants, lié notamment au *sens du nombre*, a été évalué en leur demandant d'identifier soit la plus grande, soit la plus petite collection de points parmi les quatre collections présentées pour chacun des six items de la tâche. Les enfants devaient identifier la plus grande collection pour les trois premiers items et la plus petite collection pour les trois derniers items. Un point était alloué pour chaque réponse exacte et aucun point n'était alloué pour une réponse inexacte.

Ordination. La tâche d'ordination a permis d'évaluer dans quelle mesure les enfants maîtrisaient l'ordre des nombres dans la comptine numérique. Un nombre a été montré aux enfants, et en le nommant, la chercheuse leur a demandé de nommer celui qui vient soit immédiatement avant, pour la moitié des items (ex : « qu'est-ce qui vient avant 2? », soit immédiatement après, pour l'autre moitié des items. Il y avait six items au total, les quatre premiers étaient des nombres à un chiffre et les deux derniers étaient des nombres à deux chiffres (maximum 18). Un point était alloué pour chaque réponse exacte et aucun point n'était alloué pour une réponse inexacte.

Lecture de nombres. Les habiletés en lecture de nombres des enfants ont été évaluées en leur demandant de lire les nombres qui leur étaient montrés. Il y avait cinq nombres à un chiffre et quatre nombres à deux chiffres (sous 20), pour un total de neuf items. Un point était alloué pour chaque réponse exacte et aucun point n'était alloué pour une réponse inexacte.

Correspondance non symbolique / arabe. Cette tâche a permis d'évaluer l'habileté à jumeler des nombres arabes à un ensemble de points correspondant. Il y avait cinq items. Les trois premiers items consistaient à jumeler un ensemble de points au bon nombre parmi un choix de cinq nombres arabes à un chiffre. Les deux derniers items consistaient à jumeler un nombre arabe au bon ensemble de points parmi cinq ensembles illustrés. Le plus gros ensemble présenté comprenait 12 points. Un point était alloué pour chaque réponse exacte et aucun point n'était alloué pour une réponse inexacte.

4.4.3 Scores

Pour chaque tâche, un score moyen « Numératie » a été calculé en additionnant les points reçus aux tâches du PENS et en les divisant par le nombre total d'items réalisés. Si l'enfant a répondu qu'il ne connaissait pas la réponse à un item, celui-ci a été noté comme incorrect (c.-à-d. qu'on lui a attribué zéro point). Si un enfant a choisi de ne pas donner de réponse à un item, soit par manque d'intérêt (refus de continuer la tâche, refus de répondre), soit par manque d'attention (distraction lors de la présentation de l'item faisant en sorte qu'il était impossible de donner une réponse), l'item a été considéré comme une donnée manquante, car il n'était pas possible de savoir s'il était en mesure de réaliser la tâche ou non.

5. RÉSULTATS

Deux séries d'analyses statistiques ont été réalisées sur les résultats des enfants. La première visait à comparer les différences initiales entre les groupes, tant au niveau du fonctionnement exécutif que pour les mesures des habiletés numériques. La deuxième avait pour but de vérifier l'efficacité de l'intervention en comparant l'amélioration des habiletés numériques du groupe MSE défavorisé entre le début et la fin de l'année scolaire avec celle des groupes témoins pour la même période. Des analyses de variance mixtes avec la variable intragroupe Temps (prétest, posttest) et la variable intergroupe École (MSE défavorisé, IB, MSE favorisé) ont été réalisées pour chacune des mesures d'habiletés numériques comme variables dépendantes. L'effet intragroupe intéressait particulièrement l'équipe de recherche, car il révélerait dans quelle mesure les habiletés numériques de chaque groupe ont évolué au cours de l'année. L'hypothèse était que les habiletés numériques du groupe MSE défavorisé présenteraient une amélioration supérieure à celles des deux groupes témoins. Afin de réduire la probabilité de commettre une erreur de Type I, un alpha de $0,05/2 = 0,025$ a été utilisé pour chaque paire d'ANOVA obtenue, pour chaque mesure numérique (c'est-à-dire une ANOVA à un facteur pour le prétest et une ANOVA mixte de la variable Temps selon la variable École).

5.1 Différences initiales entre les groupes

5.1.1 Fonctionnement exécutif initial

La moyenne et l'écart-type des deux mesures de fonctionnement exécutif (*Séquences de chiffres en ordre inverse* et *Go/No-Go*) au prétest et au posttest selon le groupe sont présentés dans la partie supérieure du tableau 1. Cette section s'intéresse aux différences initiales de groupe dans les mesures de fonctions exécutives (voir les colonnes "prétest"). Pour la tâche *Go/No-Go*, le coefficient d' de la moyenne des groupes au prétest n'indique pas de différence significative, $F(2, 98) = 1,09$, $p = 0,34$. L'empan de chiffres moyen des groupes au prétest était aussi comparable, $F(2, 97) = 3,57$, $p = 0,032$, $\eta^2 = 0,07$.

Tableau 1. Moyennes et écarts-types au prétest et posttest pour les mesures des fonctions exécutives et des habiletés numériques de chaque groupe

Mesures	MSE défavorisé				IB				MSE favorisé			
	Prétest		Posttest		Prétest		Posttest		Prétest		Posttest	
	M	É-T	M	É-T	M	É-T	M	É-T	M	É-T	M	É-T
	Fonctions exécutives											
Séquences de chiffres en ordre inverse	1,39	1,29	1,85	1,39	2,03	1,17	2,67	1,16	1,26	1,21	2,22	1,18
Go/No-Go	-0,21	1,15	-0,14	1,15	0,18	1,16	0,14	1,76	0,07	1,12	0,30	0,96
	Habilités numériques											
Comptine numérique orale	0,41	0,22	0,66	0,31	0,65	0,25	0,87	0,20	0,67	0,23	0,80	0,23
Correspondance terme à terme	0,70	0,25	0,85	0,18	0,92	0,17	0,92	0,13	0,81	0,19	0,89	0,15
Cardinalité	0,70	0,30	0,90	0,24	0,95	0,12	0,95	0,12	0,94	0,13	0,95	0,15
Donne-n	0,68	0,25	0,85	0,19	0,89	0,13	0,88	0,15	0,81	0,16	0,91	0,13
Principe d'abstraction du dénombrement	0,61	0,27	0,71	0,25	0,69	0,21	0,89	0,16	0,68	0,22	0,80	0,24
Subitisation	0,66	0,16	0,72	0,14	0,73	0,16	0,73	0,13	0,63	0,19	0,69	0,16
Comparaison symbolique	0,62	0,33	0,82	0,23	0,73	0,26	0,87	0,18	0,79	0,27	0,93	0,16
Comparaison non symbolique	0,86	0,25	0,89	0,20	0,92	0,19	0,98	0,05	0,92	0,15	0,96	0,11
Ordination	0,67	0,31	0,85	0,25	0,84	0,19	0,94	0,14	0,83	0,21	0,94	0,12
Lecture de nombres	0,69	0,28	0,92	0,15	0,84	0,18	0,95	0,12	0,87	0,13	0,96	0,08
Correspondance non symbolique / arabe	0,79	0,29	0,95	0,09	0,95	0,13	0,94	0,10	0,94	0,13	0,98	0,08

Notes. MSE défavorisé ($n = 37 - 39$). IB ($n = 31 - 32$). MSE favorisé ($n = 29 - 31$)

5.1.2 Habiletés numériques initiales

La moyenne et l'écart-type des mesures des habiletés numériques au prétest et au posttest selon le groupe sont présentés dans la partie inférieure du tableau 1. Cette section s'intéresse aux différences initiales de groupe dans les mesures des habiletés numériques (voir les colonnes "prétest" du tableau 1). Le tableau 2 présente les résultats des ANOVAs réalisées pour comparer statistiquement ces différences. Il y avait une différence statistique pour toutes les mesures, sauf pour *Principe d'abstraction du dénombrement*, *Subitisation*, *Comparaison symbolique* et *Comparaison non symbolique*.

Tableau 2. Résultats des analyses de variance comparant les différences entre les groupes quant aux mesures initiales des habiletés numériques (prétest)

Mesures	<i>F</i> (2, 96-99)	<i>p</i>	η^2
Comptine numérique orale	13,12^a	<0,001	0,21
Correspondance terme à terme	9,45^a	<0,001	0,16
Cardinalité	16,56^a	<0,001	0,25
Donne-n	10,08^b	<0,001	0,17
Principe d'abstraction du dénombrement	1,19 ^b	0,31	0,02
Subitisation	2,49 ^b	0,09	0,05
Comparaison symbolique	3,25 ^b	0,04	0,06
Comparaison non symbolique	1,03 ^b	0,36	0,02
Ordination	5,27^c	0,007	0,10
Lecture de nombres	7,24^d	0,001	0,13
Correspondance non symbolique / arabe	6,34^b	0,003	0,12

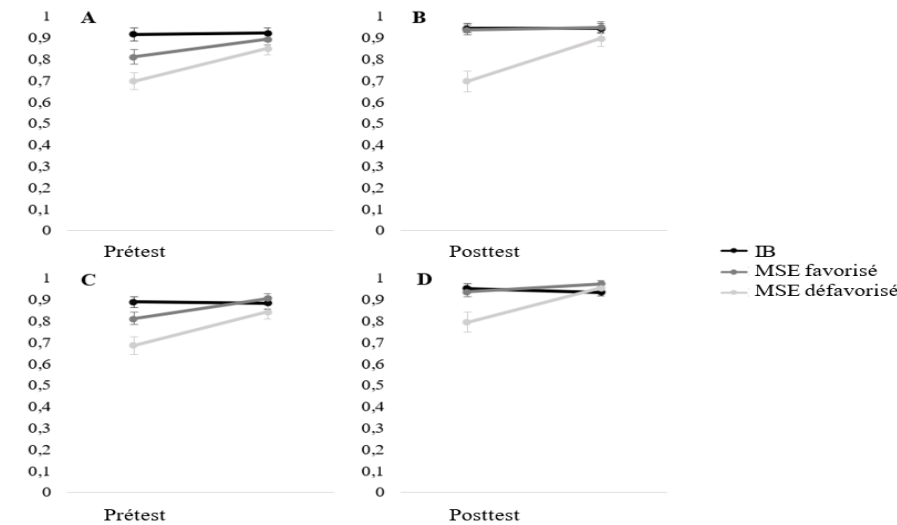
Notes. ^a $df_{Den} = 99$, ^b $df_{Den} = 98$, ^c $df_{Den} = 97$, ^d $df_{Den} = 96$. Les ratios *F* en caractères gras ont un seuil de signification sous 0,025.

Un test exact de Fisher (méthode LSD: Least Significant Difference; la différence la moins significative) a été réalisé sur les sept tests omnibus significatifs (Levin et al., 1994) présentés au tableau 2. Pour chacune des sept mesures (*Comptine numérique orale*, *Correspondance terme à terme*, *Cardinalité*, *Donne-n*, *Ordination*, *Lecture de nombres*, *Correspondance non symbolique / arabe*), les performances initiales du groupe MSE défavorisé étaient significativement inférieures à celles des deux autres groupes (tous les *ps* < 0,025), les groupes IB et MSE favorisé ne différant pas l'un de l'autre. Ensemble, ces résultats montrent que, comme attendu, les enfants du groupe MSE défavorisé ont débuté leur maternelle avec des habiletés numériques moins développées que celles des enfants du groupe MSE favorisé et ce, sur plus de la moitié des mesures évaluées. Sur ces mêmes mesures, le groupe MSE défavorisé a également montré des habiletés numériques moins développées que celles du groupe IB. Le groupe IB, quant à lui, n'a pas présenté de différences significatives par rapport au groupe MSE favorisé, bien que l'école de l'IB soit située dans un MSE défavorisé.

5.2 Effets de l'intervention (développement professionnel) sur les habiletés numériques

Pour les trois groupes, aucune des deux mesures du fonctionnement exécutif des enfants n'était corrélée à aucune des habiletés numériques évaluées. Par conséquent, les mesures du fonctionnement exécutif n'ont pas été incluses comme covariables dans les analyses subséquentes. La présente section décrit d'abord les mesures d'habiletés numériques pour lesquelles les enfants ont amélioré leur performance au fil du temps, sans tenir compte qu'il n'y ait d'interaction avec le groupe. Puis, lorsqu'une interaction avec le critère groupe est relevée, une description des améliorations (ou non) pour chaque mesure d'habiletés numériques a été effectuée. Pour tous les effets de groupe, les moyennes prétest-posttest sont comparées (voir les moyennes et écarts-types au prétest et au posttest dans le tableau 1). Dans ce contexte, les comparaisons des moyennes de groupe ne sont pas rapportées ici puisque non pertinentes pour la question de recherche. Enfin, comme aucun effet n'a été constaté sur la mesure *Subitisation*, seulement les analyses sur les 10 autres mesures d'habiletés numériques sont présentées ci-dessous.

Sur six des 10 mesures d'habiletés numériques, la performance de tous les enfants s'est améliorée dans le temps, sans qu'un effet du groupe soit présent. Il y a un effet significatif de la variable temps sur les mesures suivantes : *Comptine numérique orale*, $F(1, 98) = 52,27$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,35$; *Principe d'abstraction du dénombrement*, $F(1, 98) = 33,63$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,26$; *Comparaison symbolique*, $F(1, 98) = 41,82$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,30$; *Comparaison non symbolique*, $F(1, 97) = 5,75$, $p = 0,018$, $\eta^2 = 0,06$; *Ordination*, $F(1, 96) = 42,72$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,31$ et *Lecture de nombres*, $F(1, 95) = 57,76$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,38$.



Notes. Graphique A : Correspondance terme à terme. Graphique B : Cardinalité. Graphique C : Donne-n. Graphique D : Correspondance non symbolique / arabe. Les barres indiquent ± 1 Erreur standard.

Figure 1. Représentation graphique de l'interaction entre le temps et le groupe sur l'évolution des habiletés numériques pour les mesures Correspondance terme à terme, Cardinalité, Donne-n et Correspondance non symbolique / arabe

Il y a une interaction significative entre le temps et le groupe sur les quatre autres mesures d'habiletés numériques : *Correspondance terme à terme*, *Cardinalité*, *Donne-n* et *Correspondance non symbolique / arabe*. Les représentations graphiques de ces quatre interactions sont présentées à la figure 1. Des comparaisons planifiées par paires (LSD) des scores de gain entre le prétest et le posttest de chacune de ces quatre mesures ont été effectuées pour vérifier les différences de croissance entre les conditions. Un effet principal du temps a également été observé sur ces quatre mesures (tous $ps < 0,025$).

Pour la *Correspondance terme à terme*, l'interaction entre le groupe et le temps est significative, $F(2, 99) = 4,50$, $p = 0,01$, $\eta^2 = 0,08$. Les comparaisons des scores de gain montrent que le groupe MSE défavorisé s'est amélioré de façon beaucoup plus marquée entre le prétest et le posttest que le groupe IB, $t(99) = 2,99$, $p = .003$, mais pas plus que le groupe MSE favorisé, $t(99) = 1,49$, $p = .14$. Le gain n'était pas significativement différent entre le groupe IB et le groupe MSE favorisé, $t(99) = 1,45$, $p = .15$.

Pour la *Cardinalité*, une interaction entre le groupe et le temps est également significative, $F(2, 99) = 6,52$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,12$. En particulier, les comparaisons montrent que le groupe MSE défavorisé s'est amélioré plus que le groupe IB, $t(99) = 3,14$, $p = .002$, $d = .76$, et que le groupe MSE favorisé, $t(99) = 3,00$, $p = .003$, $d = .72$. Le gain n'était pas significativement différent entre les deux groupes IB et MSE favorisé, $t(99) = 0,16$, $p = .88$.

Une interaction significative entre le groupe et le temps a également été observée sur la mesure *Donne-n*, $F(2, 97) = 5,57, p = 0,005, \eta^2 = 0,10$. Le gain était significativement plus élevé pour le groupe MSE défavorisé que le groupe IB, $t(97) = 3.33, p = .001, d = .81$, mais pas que le groupe MSE favorisé, $t(97) = 1.33, p = .19$. Aucune différence de gain n'a été trouvée entre les deux derniers groupes, $t(97) = 1.95, p = .06$. Enfin, il y a aussi une interaction significative entre le groupe et le temps pour la mesure *Correspondance non symbolique / arabe*, $F(2, 98) = 8,00, p < 0,001, \eta^2 = 0,14$. Le groupe MSE défavorisé a montré une amélioration significativement plus élevée que le groupe IB, $t(98) = 3.85, p < .001, d = .93$, et que le groupe MSE favorisé, $t(98) = 2.66, p = .009, d = .63$. Le gain ne différait pas entre les deux derniers groupes, $t(98) = 1.18, p = .24$.

6. DISCUSSION

Un DP centré sur le développement des habiletés numériques de l'enfant a été offert à un groupe d'enseignantes œuvrant dans des écoles à MSE défavorisé d'une région urbaine au Québec, Canada. Le DP comprenait trois ateliers répartis dans l'année scolaire et prévoyait un accompagnement continu en classe au cours de la même période, afin de soutenir le transfert du contenu des ateliers aux activités de numération et aux interactions entre les enseignantes et leurs élèves. Le premier objectif de la présente recherche était d'évaluer si, à la suite des activités de DP et des interventions en classe, les habiletés numériques des enfants de MSE défavorisé s'amélioreraient davantage entre le début et la fin de l'année scolaire que celles des enfants des deux groupes témoins, dont les enseignants n'avaient pas reçu de DP. D'après des recherches antérieures (ex. : Starkey et al., 2004), il était attendu que ce soit le cas.

Les mesures des habiletés numériques au début de l'année scolaire ont montré que les enfants du groupe MSE défavorisé étaient nettement désavantagés par rapport à leurs pairs du groupe MSE favorisé. L'écart entre le groupe MSE défavorisé et le groupe MSE favorisé appuie ce que de nombreuses recherches ont déjà montré, à savoir que les enfants provenant d'un MSE défavorisé présentent des habiletés numériques moins développées que leurs pairs et sont conséquemment moins bien préparés aux apprentissages scolaires en mathématiques à venir en première année et dans les années subséquentes (Niklas et Schneider, 2017 ; Ramani et al., 2015 ; Starkey et al., 2004). Une contribution importante de la présente recherche est que la relation entre le MSE et le niveau de préparation à l'école en termes d'habiletés numériques, souvent étudiée dans les populations d'enfants aux États-Unis, est également présente au Québec. D'autres recherches sont toutefois nécessaires pour confirmer cette tendance dans les autres provinces canadiennes.

De façon globale, sans tenir compte du groupe auquel ils appartiennent, les enfants se sont améliorés en cours d'année sur toutes les mesures des habiletés numériques, sauf sur la subitisation. En outre, les résultats des analyses montrent une relation entre le DP et l'amélioration de la performance des enfants quant à quatre mesures de leurs habiletés numériques : *Correspondance terme à terme*, *Cardinalité*, *Donne-n* et *Correspondance non symbolique / arabe*. Plus précisément, pour les mesures de *Cardinalité* et *Correspondance non symbolique / arabe*, seuls les enfants du groupe MSE défavorisé se sont améliorés entre le prétest et le posttest. Aucune amélioration n'a été observée pour les groupes témoins sur ces deux mesures. De plus, en ce qui concerne les mesures *Correspondance terme à terme* et *Donne-n*, à la fois les enfants du groupe MSE défavorisé et ceux du groupe MSE favorisé se sont améliorés au cours de l'année, contrairement aux enfants du groupe IB qui eux, sont restés au même niveau du prétest au posttest. Ces résultats confirment l'hypothèse quant au fait que le DP qui a été offert favorise le développement des habiletés numériques des enfants au

cours de leur année de maternelle. Les programmes de DP qui sont centrés sur le développement des habiletés numériques des enfants, qui s'échelonnent sur toute une année scolaire et qui offrent des activités de DP à la fois en classe et en dehors du contexte de la classe se sont avérés efficaces dans les populations américaines (Borko et al., 2010). Des constatations semblables réalisées dans un contexte québécois permettent de renforcer la généralisation des résultats.

Le deuxième objectif était de documenter les habiletés numériques des enfants scolarisés dans un programme de l'IB. L'un des points forts de la présente recherche était qu'elle permettait d'obtenir des données descriptives sur les habiletés numériques des enfants de maternelle qui fréquentaient une école de l'IB sans aucune intervention de la part de l'équipe de recherche. Les résultats ont montré que pour plus de la moitié des mesures des habiletés numériques, les enfants du groupe IB entraient à la maternelle avec des compétences semblables à celles de leurs pairs du groupe MSE favorisé, mais à des niveaux plus élevés que les enfants du même MSE défavorisé, qui ne fréquentaient pas l'école de l'IB. Cette observation concorde avec les résultats de recherches antérieures montrant que, dans l'ensemble, les enfants issus d'un MSE défavorisé entrent à la maternelle avec des habiletés numériques moins développées que leurs pairs issus d'un MSE favorisé, mais qu'il existe néanmoins une variabilité considérable dans leurs habiletés numériques. Ramani et al. (2015) ont constaté que la source de cette variabilité semble être la quantité et la qualité des conversations et des activités liées aux mathématiques offertes à la maison. Ainsi, il est possible que les enfants du groupe IB dans la présente recherche proviennent d'environnements familiaux où les conversations et les activités mathématiques avaient lieu plus fréquemment et étaient de meilleure qualité que pour les enfants du groupe MSE défavorisé. Il ne s'agit que d'une hypothèse puisqu'aucune donnée n'a été recueillie en ce sens. La collecte d'informations sur les environnements familiaux est une avenue intéressante à explorer pour les recherches futures.

Alors que les enfants du groupe IB ont débuté l'année scolaire aussi bien préparés que ceux du groupe MSE favorisé, ils ne se sont pas distingués quant au développement de leurs habiletés numériques en cours d'année. D'abord, sur six mesures collectées en deux temps (prétest – posttest), ces dernières ont montré que l'amélioration observée dans le groupe IB était semblable au niveau d'amélioration observé dans les deux autres groupes. Deuxièmement, alors qu'ont émergé des différences de gain entre les groupes au cours de l'année, en ce qui concerne les quatre autres mesures (c'est-à-dire, *Correspondance terme à terme*, *Cardinalité*, *Donne-n et Correspondance non symbolique / arabe*), le groupe IB ne s'est pas amélioré davantage que les autres groupes.

Ensemble, ces résultats sont intéressants parce qu'ils montrent qu'un DP qui met l'accent sur le contenu numérique, le développement de la pensée des enfants et le soutien en classe a un impact sur le développement des habiletés numériques des enfants. Toutefois, les données du groupe IB atténuent les conclusions sur cette relation, en raison des effets de plafond qui ont été observés dans le groupe IB dès la passation du prétest sur plusieurs mesures. L'utilisation de tâches plus difficiles comme mesures des habiletés numériques des enfants ayant été sélectionnés pour le programme primaire de l'IB est nécessaire pour obtenir des données plus solides quant à la relation entre le DP et le développement des habiletés numériques des enfants. Ainsi, comme il y a peu de données quant au développement des habiletés numériques des enfants dans les écoles de l'IB en comparaison avec celui des enfants d'écoles non IB, les résultats de la présente recherche contribuent notamment à la littérature scientifique sur le programme de l'IB. De plus, le fait d'avoir comparé les habiletés numériques initiales des enfants provenant du groupe IB avec celles d'enfants provenant de la même communauté et donc du même MSE défavorisé permet de tirer des conclusions provisoires et d'émettre des hypothèses quant à l'environnement familial des enfants de l'IB, qui n'est pas non plus bien documenté dans la littérature.

7. LIMITES

La présente étude a mis en lumière que les enfants dans le groupe MSE défavorisé font des gains plus grands que les deux autres groupes en cardinalité et dans la capacité à relier différentes représentations du nombre. Ces résultats sont remarquables étant donné les preuves croissantes du pouvoir prédictif de ces compétences sur les apprentissages ultérieurs en mathématiques (ex : Geary et al., 2018 ; Purpura et al., 2013). Bien que ces résultats soulignent les avantages du DP comme moyen d'améliorer les pratiques enseignantes, d'autres recherches sont nécessaires pour renforcer les implications de celles-ci. D'abord, le devis quasi expérimental ne permet pas de tirer des conclusions causales quant aux effets du DP. Des recherches ultérieures utilisant un devis expérimental sont nécessaires pour renforcer les liens corrélacionnels observés dans la présente étude. Toute expérience future pourrait également mettre en évidence les contributions de chaque composante (ex : ateliers, observations en classe, rétroaction) du développement professionnel sur l'apprentissage des enfants. Dans la présente étude, il est impossible de connaître les effets relatifs des ateliers et la présence des chercheuses dans les salles de classe des enseignants.

Deuxièmement, il n'y a eu aucune mesure de fidélité quant au transfert des apprentissages réalisés par les enseignants lors du DP. Les recherches futures sur les effets d'un DP sur les habiletés numériques de l'enfant gagneraient à prévoir une méthode qui permettrait systématiquement de collecter des données pour vérifier dans quelle mesure les idées et les activités présentées lors des ateliers sont mises en œuvre en classe. Ces données fourniraient également un aperçu des raisons pour lesquelles les enfants dont les enseignantes ont reçu le développement professionnel se sont améliorés davantage que leurs pairs sur certaines mesures plus que sur d'autres. Par exemple, il est possible que les enseignantes qui ont reçu le développement professionnel n'aient pas mis l'accent sur la comparaison, l'ordre ou l'identification de nombres, peut-être parce qu'elles croyaient que leurs élèves étaient déjà compétents dans ces domaines, ou peut-être parce qu'elles appréciaient moins ces compétences que les autres. Il est également concevable que les activités qu'elles ont mises en œuvre pour développer ces compétences n'aient pas été aussi efficaces que certaines autres activités qu'elles ont mises en œuvre dans leur classe. Le développement professionnel était principalement axé sur la nature de la pensée mathématique des enfants et moins sur les types d'activités qui pourraient favoriser et soutenir des compétences numériques spécifiques. Fournir des ressources supplémentaires aux enseignants sur des activités précises et de l'information sur les types d'interactions en classe qui sont les plus productives pour le développement des compétences numériques des enfants serait une prochaine étape importante dans la prolongation de la recherche actuelle.

Enfin, des mesures des habiletés numériques qui n'entraîneraient pas d'effet de plafond au début de l'année et qui seraient plus sensibles aux améliorations des habiletés numériques des enfants, en particulier dans les écoles de l'IB et les écoles provenant du MSE supérieur, rendraient toute conclusion sur le DP plus crédible. De plus, pour les recherches futures, il faudrait examiner les effets à long terme du développement professionnel présenté dans la présente étude. Étant donné que certaines compétences numériques exigent plus de temps et d'exposition pour se développer que d'autres (J.-A. Jordan et al., 2009), il est possible qu'une relation plus forte entre le développement professionnel et les compétences numériques des enfants émerge au fil du temps.

8. CONCLUSION

Les résultats de la présente étude montrent que le développement professionnel qui met l'accent sur les compétences numériques des jeunes enfants et qui est associé à un soutien soutenu, pertinent et dans le milieu classe est lié au développement précoce des capacités numériques. Les données révèlent qu'il existait une relation entre le DP qui est centré sur le développement des habiletés numériques des enfants et leur apprentissage de ces habiletés numériques. Bien que les enfants du groupe MSE défavorisé avaient des habiletés numériques plus faibles au début de l'année scolaire que les enfants du groupe MSE favorisé et du groupe IB, ils ont montré une amélioration significativement plus importante au cours de l'année scolaire dans les domaines de la correspondance terme à terme, de la cardinalité et de la correspondance des différentes représentations de la quantité, en particulier par rapport aux enfants de l'école de l'IB. Bien qu'un lien de causalité ne puisse être établi en utilisant le devis actuel, la relation entre le DP et le développement des habiletés numériques est prometteuse et suggère que davantage de DP de ce type est nécessaire pour les enseignant-e-s. L'étude contribue également à la maigre quantité de littérature disponible sur le développement des habiletés numériques chez les enfants de maternelle inscrits au programme primaire de l'IB. Les enfants du groupe IB dans la présente recherche ont commencé leur maternelle aussi bien préparés que leurs pairs du groupe MSE favorisé, ce qui atteste de la validité des tests d'admission de l'IB. Des mesures des habiletés numériques plus sensibles sont nécessaires pour renforcer les conclusions sur l'impact du programme de l'IB sur le développement des habiletés numériques des enfants.

9. RÉFÉRENCES

- Arnold, D. H. et Doctoroff, G. L. (2003). The early education of socioeconomically disadvantaged children. *Annual Review of Psychology*, 54, 517–545. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.54.111301.145442>
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K. et Nurmi, J.-E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96(4), 699–713. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.699>
- Blevins-Knabe, B. et Musun-Miller, L. (1996). Number use at home by children and their parents and its relationship to early mathematical performance. *Early Development & Parenting*, 5(1), 35–45.
- Borko, H., Jacobs, J. et Koellner, K. (2010). Contemporary approaches to teacher professional development. *International Encyclopedia of Education*, 7(2), 548–556.
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Peterson, P. L., Chiang, C. P. et Loef, M. (1989). Using knowledge of children's mathematics thinking in classroom teaching: An experimental study. *American Educational Research Journal*, 26(4), 499-531.
- Carpenter, T. P., Fennema, E. et Franke, M. (1997). Cognitively guided instruction: A knowledge base for reform in primary mathematics instruction. *Elementary School Journal*, 97, 3–20.
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Franke, M. L., Levi, L. et Empson, S. B. (2014). *Children's mathematics: Cognitively guided instruction* (2nd ed.). Heinemann.
- Carpenter, T. P., Franke, M. L., Johnson, N. C., Turrou, A. C. et Wager, A. A. (2016). *Young children's mathematics: Cognitively guided instruction in early childhood education*. Heinemann.
- Carpenter, T. P., Franke, M. L. et Levi, L. (2003). *Thinking mathematically: Integrating arithmetic and algebra in elementary school*. Heinemann.
- Clements, D. H. et Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative research on the building blocks project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 136–163. <https://doi.org/10.2307/30034954>

- Clements, D. H. et Sarama, J. (2011). Early childhood mathematics intervention. *Science*, 333, 968–970. <https://doi.org/10.1126/science.1204537>
- Cobb, P. (1988). The tension between theories of learning and instruction in mathematics education. *Educational Psychologist*, 23(2), 87–103.
- Ding, R. (2017). Go/No Go [application mobile]. Apple App Store. <https://apps.apple.com/ca/app/go-no-go-stroop/id1195286120>
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K. et Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43, 1428–1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Empson, S. B. et Levi, L. (2011). *Extending children's mathematics: Fractions and decimals*. Heinemann.
- Fennema, E., Carpenter, T. P., Franke, M. L., Levi, L., Jacobs, V. R. et Empson, S. B. (1996). A longitudinal study of learning to use children's thinking in mathematics instruction. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 403–434.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L. et Bailey, D. H. (2013). Adolescents' functional numeracy is predicted by their school entry number system knowledge. *PLoS One*, 8(1), e54651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054651>
- Geary, D. C., vanMarle, K., Chu, F. W., Rouder, J., Hoard, M. K. et Nugent, L. (2018). Early conceptual understanding of cardinality predicts superior school-entry number-system knowledge. *Psychological Science*, 29(2), 191–205. <https://doi.org/10.1177/0956797617729817>
- Ginsburg, H. P. et Ertle, B. (2008). Knowing the mathematics in early childhood mathematics. Dans O. N. Saracho et B. Spodek (dir.), *Contemporary perspectives in mathematics in early childhood education* (p. 45-66). Information Age Publishing.
- Ginsburg, H. P., Lee, J. S. et Boyd, J. S. (2008). Mathematics education for young children: What it is and how to promote it: Social policy report. *Society for Research in Child Development*, 22(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/j.2379-3988.2008.tb00054.x>
- Goldhaber, D., Quince, V. et Theobald, R. (2016). Has it always been this way? Tracing the evolution of teacher quality gaps in US public schools. *American Educational Research Journal*, 55(1), 171–201. <https://doi.org/10.3102/0002831217733445>
- Gouvernement du Québec. (2021). *Programme de formation de l'école québécoise : Programme-cycle de l'éducation préscolaire*.
- Griffin, S. (2003). Number Worlds: A research-based mathematics program for young children. Dans D.H. Clements et A. DiBiase (dir.), *Engaging young children in mathematics: Findings of the 2000 national conference on standards for preschool and kindergarten mathematics education* (p. 325–342). Erlbaum.
- Griffin, S. (2006). *Number Worlds*. <https://www2.clarku.edu/faculty/sgriffin/index.htm>.
- Hachey, A. C. (2013). The early childhood mathematics education revolution. *Early Education & Development*, 24(4), 419–430. <https://doi.org/10.1080/10409289.2012.756223>
- Hawes, Z., Merkley, R., Stager, C. L. et Ansari, D. (2021). Integrating numerical cognition research and mathematics education to strengthen the teaching and learning of early number. *British Journal of Educational Psychology*, 91(4), 1073–1109. <https://doi.org/10.1111/bjep.12421>
- Hiebert, J., Carpenter, T. P., Fennema, E., Fuson, K. C., Wearne, D., Murray, H., Olivier, A. et Human, P. (1997). *Making sense: Teaching and learning mathematics with understanding*. Heinemann.
- Jordan, J.-A., Mulhern, G. et Wylie, J. (2009). Individual differences in trajectories of arithmetical development in typically achieving 5-to 7-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 455–468.

- Jordan, N. C., Kaplan, D., Locuniak, M. N. et Ramineni, C. (2007). Predicting first-grade math achievement from developmental number sense trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22(1), 36–46. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2007.00229.x>
- Jordan, N.C., Kaplan, D., Nabors Oláh, L. et Locuniak, M. N. (2006). Number sense growth in kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development*, 77(1), 153–75. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C. et Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45(3), 850–867. <https://doi.org/10.1037/a0014939>
- Kazemi, E., Franke, M. et Lampert, M. (2009). Developing pedagogies in teacher education to support novice teachers' ability to enact ambitious instruction. Dans *Crossing divides: Proceedings of the 32nd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (Vol. 1, p. 12-30). MERGA.
- Kleemans, T., Peeters, M., Segers, E. et Verhoeven, L. (2012). Child and home predictors of early numeracy skills in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly*, 27(3), 471–477. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2011.12.004>
- Klein, A., Starkey, P., Clements, D., Sarama, J. et Iyer, R. (2008). Effects of a pre-kindergarten mathematics intervention: A randomized experiment. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 1(3), 155–178. <https://doi.org/10.1080/19345740802114533>
- Klein, A., Starkey, P. et Ramirez, A. (2002). *Pre-K mathematics curriculum*. Scott Foresman.
- LeFevre, J. A., Polyzoi, E., Skwarchuk, S.-L., Fast, L. et Sowinski, C. (2010). Do home numeracy and literacy practices of Greek and Canadian parents predict the numeracy skills of kindergarten children? *International Journal of Early Years Education*, 18(1), 55–70. <https://doi.org/10.1080/09669761003693926>
- LeFevre, J. A., Skwarchuk, S.-L., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Kamawar, D. et Bisanz, J. (2009). Home numeracy experiences and children's math performance in the early school years. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue canadienne des sciences du comportement*, 41(2), 55–66. <https://doi.org/10.1037/a0014532>
- Levin, J. R., Serlin, R. C. et Seaman, M. A. (1994). A controlled, powerful multiple-comparison strategy for several situations. *Psychological Bulletin*, 115, 153–159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.115.1.153>
- Li, Y. et Schoenfeld, A. H. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as “given” in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 6, Article 44.
- Macmillan, N. A. et Creelman, C. D. (2005). *Detection theory: A user's guide* (2nd ed.). Erlbaum.
- Martin, R. B., Cirino, P. T., Sharp, C. et Barnes, M. (2014). Number and counting skills in kindergarten as predictors of grade 1 mathematical skills. *Learning and Individual Differences*, 34, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.05.006>
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement Supérieur. (2018). *Indices de défavorisation*. Gouvernement du Québec. <https://tinyurl.com/2jsfxtch>
- Morgan, P. L., Farkas, G. et Wu, Q. (2011). Kindergarten children's growth trajectories in reading and mathematics: Who falls increasingly behind? *Journal of Learning Disabilities*, 44(5), 472–488. <https://doi.org/10.1177/0022219411414010>
- National Mathematics Advisory Panel. (2008). *Foundations for success: The final report of the National Mathematics Advisory Panel*. U.S. Department of Education.
- National Research Council. (2009). *Mathematics learning in early childhood: Paths toward excellence and equity*. National Academies Press.

- Niklas, F. et Schneider, W. (2017). Home learning environment and development of child competencies from kindergarten until the end of elementary school. *Contemporary Educational Psychology*, 49, 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.03.006>
- Paliwal, V. et Baroody, A. J. (2018). How best to teach the cardinality principle? *Early Childhood Research Quarterly*, 44, 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2018.03.012>
- Presser, A., Clements, M., Ginsburg, H. et Ertle, B. (2015). Big Math for Little Kids: The effectiveness of a preschool and kindergarten mathematics curriculum. *Early Education and Development*, 26(3), 399–426. <https://doi.org/10.1080/10409289.2015.994451>
- Purpura, D. J., Baroody, A. J. et Lonigan, C. J. (2013). The transition from informal to formal mathematical knowledge: Mediation by numeral knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105, 453–464.
- Purpura, D. J. et Lonigan, C. J. (2015). Early numeracy assessment: The development of the preschool early numeracy scales. *Early Education and Development*, 26(2), 286–313. <https://doi.org/10.1080/10409289.2015.991084>
- Ramani, G. B., Rowe, M. L., Eason, S. H. et Leech, K. A. (2015). Math talk during informal learning activities in Head Start families. *Cognitive Development*, 35, 15–33. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2014.11.002>
- Rathbun, A., West, J. et Hausken, E. G. (2004). *From kindergarten through third grade: Children's beginning school experiences* (NCES 2004–007). National Center for Education Statistics.
- Resnik, J. (2020). All against all competition: The incorporation of the International Baccalaureate in public high schools in Canada. *Journal of Education Policy*, 35(3), 315–336. <https://doi.org/10.1080/02680939.2018.1562105>
- Schmidt, T. et Vorberg, D. (2006). Criteria for unconscious cognition: Three types of dissociation. *Perception & Psychophysics*, 68(3), 489–504.
- Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low-income families. *Child Development Perspectives*, 3(2), 118–124. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00090.x>
- Simmonds, D. J., Pekar, J. J. et Mostofsky, S. H. (2008). Meta-analysis of Go/No-go tasks demonstrating that fMRI activation associated with response inhibition is task-dependent. *Neuropsychologia*, 46(1), 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.07.015>
- Starkey, P., Klein, A. et Wakeley, A. (2004). Enhancing young children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics intervention. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 99–120. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.002>
- Steffe, L. P. et Kieren, T. (1994). Radical constructivism and mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 711–733.
- Stipek, D. (2013). Mathematics in early childhood education: Revolution or evolution? *Early Education & Development*, 24(4), 431–435. <https://doi.org/10.1080/10409289.2013.777285>
- Toll, S. W. M. et Van Luit, J. E. H. (2012). Early numeracy intervention for low-performing kindergartners. *Journal of Early Intervention*, 34(4), 243–264. <https://doi.org/10.1177/1053815113477205>
- Watts, T. W., Duncan, G. J., Siegler, R. S. et Davis-Kean, P. E. (2014). What's past is prologue: Relations between early mathematics knowledge and high school achievement. *Educational Researcher*, 43(7), 352–360. <https://doi.org/10.3102/0013189X14553660>
- Wechsler, D. (2014). *WISC-V: Technical and Interpretive Manual*. NCS Pearson.
- Willingham, D. T. (2017). A mental model of the learner: Teaching the basic science of educational psychology to future teachers. *Mind, Brain, and Education*, 11, 166–175. <https://doi.org/10.1111/mbe.12155>