

Université de Montréal

Le progrès développemental de la connaissance des nombres au préscolaire en tant que prédicteur de la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire

Par

Milenka Muñoz Ferrada

École de Psychoéducation
Faculté des Arts et sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
En vue de l'obtention du grade de maîtrise ès sciences (M.Sc.)
en psychoéducation

Mars, 2007

© Milenka Muñoz Ferrada, 2007



LB

1055

U54

2007

v.002

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Le progrès développemental de la connaissance des nombres au préscolaire en tant que
prédicteur de la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire

Présenté par :

Milenka Muñoz Ferrada

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Serge Larivée

Président-rapporteur

Linda Pagani

Directrice de recherche

Pierre Lapointe

Membre du jury

Sommaire

Dès l'entrée à la première année, les enfants de milieux défavorisés sont à risque de présenter un retard significatif quant aux compétences informelles du nombre, un préalable aux apprentissages en mathématiques. Ce retard risque de s'accroître au fur et à mesure que le degré de difficulté et de complexité des algorithmes enseignés s'intensifie, plaçant ces enfants à risque d'échec en mathématiques.

Le présent mémoire vise à vérifier l'hypothèse affirmant la présence d'une relation significative entre le progrès développemental de la connaissance des nombres fait au cours de la période préscolaire et la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire. L'étude montréalaise sur le préscolaire en milieu défavorisé a suivi une cohorte de 532 enfants issus de milieux défavorisés de la prématernelle à la première année du primaire.

À l'aide d'une analyse de régression linéaire, les résultats indiquent que le progrès relatif à la connaissance des nombres, réalisé de l'entrée en prématernelle à la fin de la maternelle, permet de prédire significativement la réussite en mathématiques à la fin de la première année. Ces résultats se maintiennent au-delà de l'influence des variables sociodémographiques, des compétences linguistiques et du niveau de connaissance des nombres à l'entrée en prématernelle.

Mots clés : développement cognitif, connaissance des nombres, NKT, mathématiques, changement développemental, préscolaire

Summary

When starting first grade, poor children show a significant delay in informal number knowledge, affecting future mathematics learning. This delay widens proportionally to the growth of complex algorithms taught in school, elevating the risk for these children to fail school.

This paper aims to assess the significant relationship between developmental change related to number knowledge, made during junior kindergarten and kindergarten, and mathematics performances at the end of first grade. Starting at junior kindergarten and for three subsequent years, a cohort of 532 poor preschool-age children taken from the Montreal longitudinal-experimental Preschool Study was followed.

Using multiple regression analysis, results show that performances at the end of first grade are predicted significantly by developmental change related to number knowledge. This is above and beyond sociodemographic factors, baseline number knowledge and language knowledge and developmental change related to language competencies.

Key words: Cognitive development, number knowledge, NKT, developmental change, mathematics, junior kindergarten

Table des matières

Sommaire	iii
Summary	iv
Liste des tableaux.....	vii
Liste des abréviations.....	viii
Remerciements.....	ix
Introduction.....	11
Développement cognitif et évolution de la connaissance des nombres chez les enfants de 48 mois: Généralités et particularités.....	11
Théorie piagétienne.....	12
Période intuitive : Préalables à la connaissance des nombres	12
Théorie néo-piagétienne	13
Étape prédimensionnelle : La pensée quantitative.....	14
Prévention au préscolaire.....	16
Préalables aux mathématiques et réussite scolaire	16
Article.....	18
Sommaire	19
Summary.....	20
Réussite scolaire et mathématiques	21
Le processus développemental des mathématiques.....	22
Modèle néo-piagétien	23
Connaissance des nombres : Préalables à la réussite en mathématiques.....	24
Variables concomitantes	24
Écart de développement entre les enfants de milieux socioéconomiquement différents	26
Objectif et hypothèse	27
Méthodologie	28
Participants et processus de sélection	28
Variables et instruments.....	28
Stratégie analytique.....	31
Résultats.....	33

Connaissance des nombres à la prématernelle (NKT_{idp})	33
Rendement en mathématiques à la fin de la 1 ^{ière} année (NKT_{ifp})	35
Régressions OLS spline sur le langage réceptif.....	36
Comparaison des sous-groupes divisés au 50 ^e percentile sur la variable $EVIP_{idp}$...	37
Comparaison des quartiles extrêmes.....	39
Discussion.....	41
Variables non significatives.....	43
Variables omises et limites	43
Importance de cette étude	44
Conclusion	44
Références.....	46
Conclusion	53
Modèle de changement	53
Conditions d'application du modèle de changement.....	54
Étude avec deux temps de mesure	55
Modèle de changement : Étude avec trois temps de mesure	55
Estimation de changement attendu	56
Étape préliminaire à l'implantation de programme	57
Références aux sections Introduction et Conclusion	58

Liste des tableaux

Article :

Tableau 1 Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT, sur les variables sociodémographiques et langagière	xxxiv
Tableau 2 Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT, sur les performances au préscolaire	xxxvi
Tableau 3 Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT; les modèles incluent le 50% plus faible et 50% plus élevé de l'échantillon, sur le langage réceptif à l'entrée en prématernelle	xxxviii
Tableau 4 Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT; les modèles incluent le 25% plus faible et 25% plus élevé de l'échantillon, sur le langage réceptif à l'entrée en prématernelle	xl

Liste des abréviations

<i>Canadian Achievement Test</i>	CAT
Commission scolaire de Montréal	CSDM
Échelle du vocabulaire en images Peabody	EVIP
Test de connaissance des nombres	NKT

Remerciements

Je voudrais sincèrement remercier ma directrice, Linda Pagani, pour son soutien, ses conseils de même que sa grande expérience. Thanks for guiding me in this long but greatful adventure.

Je voudrais surtout remercier mes êtres chers pour leur soutien tout au long de ce périple...

Mon mari, Ricardo, pour son amour et sa patience...

Ma famille, Beatriz, Andres, Vanessa, Leonardo, de même que toute la « familia » pour leur affection et soutien...

Ma belle-famille, Silvia, Ricardo, Germán, Romina et Dieguito, pour leurs encouragements malgré la distance...

Mes amis, Andrea, Édouard, Tatiana, Christine, Marie-Claude, Eliana pour leur patience malgré que je les ai quelque peu délaissés...

Mes compagnons de route, Youmna, Julie et Carl, pour leurs précieux conseils et rigolades...

Si vous croyez que l'éducation coûte cher, essayer l'ignorance...

Abraham Lincoln

*À tous les étudiants qui se battent présentement pour le droit à une meilleure
éducation...*

Introduction

Selon les théories actuelles, l'évolution de la connaissance individuelle des nombres est influencée par toutes les sphères du développement : langagière, motrice, affective, sociale et cognitive (Ginsburg & Golbeck, 2004; Vygotsky, 1962). Se déroulant de préférence dans un environnement stimulant, propice aux apprentissages et aux découvertes (Brooks-Gunn, Klebanov, & Liaw, 1995; Ramey & Ramey, 2004), ce processus complexe s'effectue dans la mesure où certaines capacités cognitives de base sont maîtrisées par l'enfant. Idéalement, cette compétence devrait être acquise avant le début de la scolarité formelle, c'est-à-dire au cours de la période préscolaire. Or, qu'en est-il réellement et comment se déroule son développement?

Cette étude vise à approfondir la compréhension du processus développemental de la connaissance des nombres afin de prévenir l'échec en mathématiques chez les enfants provenant de milieux défavorisés.

Tout d'abord, nous aborderons le processus développemental de la cognition, selon la théorie piagétienne, et de la connaissance des nombres, selon la perspective néopiagétienne. Ensuite, nous examinerons les facteurs individuels et environnementaux qui pourraient avoir une influence sur ce processus. Finalement, nous présenterons trois programmes de prévention favorisant le développement de la connaissance des nombres au préscolaire.

Développement cognitif et évolution de la connaissance des nombres chez les enfants de 48 mois: Généralités et particularités

La cognition se définit comme le processus d'acquisition du savoir. Le développement cognitif correspond aux changements qui se produisent au niveau des activités mentales telles que prêter attention, percevoir, apprendre, penser et se souvenir

(Shaffer, 1999). Il se base sur les expériences vécues qui y contribuent à travers un processus d'assimilation et d'accommodation. Chaque expérience nouvelle est incorporée aux schèmes existants et sera utilisée pour catégoriser les prochaines expériences. Dans ce sens, les travaux de Piaget (Piaget & Inhelder, 1966) ont permis de mieux comprendre le processus développemental de la cognition.

Théorie piagétienne

Selon Piaget, le processus développemental de la cognition se déroule par stades. Dans cette optique, quatre stades sont définis, chacun devant être maîtrisé avant de passer au suivant : les stades sensorimoteur (de la naissance à 24 mois), préopératoire (de deux à six ans), opératoire concret (de sept à 11 ans) et opératoire formel (11 ans et plus).

Jusqu'à 24 mois, les enfants explorent leur environnement essentiellement en utilisant leurs sens (toucher, odorat, goûter, vue et audition). Graduellement, ils passent au stade préopératoire qui se caractérise par l'utilisation de la pensée symbolique et qui se divise en deux périodes : préconceptuelle (de deux à quatre ans) et intuitive (de quatre à six ans). Durant la période préconceptuelle, la fonction symbolique fait son apparition de façon progressive et, à la période intuitive, les enfants sont en mesure de se représenter mentalement les événements, objets ou situations en utilisant des symboles (images ou mots).

Période intuitive : Préalables à la connaissance des nombres

La période intuitive comprend l'acquisition successive de deux aptitudes cognitives complémentaires, la classification et la conservation, sous-jacentes au développement de la connaissance des nombres. La classification est l'aptitude à classer

des objets selon certaines caractéristiques et la conservation est l'aptitude à reconnaître qu'un objet demeure le même malgré les modifications de son apparence.

Chez l'enfant de 48 mois, la classification s'effectue selon le principe de la pensée centralisée, c'est-à-dire selon la caractéristique principale, perçue par l'enfant, au détriment des autres caractéristiques d'un objet. Ainsi, les couleurs, les grandeurs, les formes, etc. deviennent des catégories essentielles à la classification. À ce stade du processus de développement, la classification est plus intuitive que compréhensive.

Afin d'acquérir la notion de conservation, les enfants doivent posséder deux capacités cognitives : la décentralisation et la réversibilité. La capacité de décentraliser sa pensée consiste à considérer simultanément plusieurs caractéristiques d'un objet, situation ou événement. La réversibilité consiste à renverser ou nier une action en reproduisant mentalement l'action inverse. Cette dernière constitue le lien conceptuel entre l'addition et la soustraction, l'un correspondant à l'action inverse de l'autre.

En somme, la théorie piagétienne soutient que les enfants de 48 mois se fient à leur intuition plutôt qu'à leur compréhension.

Théorie néo-piagétienne

La théorie néopiagétienne (Case, 1975; Case, 1996; Griffin & Case, 1996; Griffin, Case, & Siegler, 1994; Okamoto & Case, 1996) porte sur le développement de la connaissance des nombres chez les enfants, notamment sur l'évolution de la ligne numérique mentale. Celle-ci correspond à une ligne numérique quantitative permettant de classer les nombres en ordre croissant et décroissant, dans laquelle l'intervalle entre chaque nombre est équivalente et équidistante. Dans cette ligne quantitative, la correspondance 1-1 est établie avec les objets d'un ensemble donné.

La portée spécifique de la théorie néopiagétienne se centre sur le développement des structures centrales à la base des connaissances. Ainsi, la structure centralisée de la connaissance des nombres serait à la base de l'édification des connaissances et des apprentissages.

Le développement de la connaissance des nombres, similaire à la succession des stades de Piaget (Shaffer, 1999), s'échelonne sur quatre étapes : prédimensionnelle (de quatre à six ans), unidimensionnelle (de six à huit ans), bidimensionnelle (de huit à 10 ans) et dimensionnelle intégrée (10 ans et plus).

L'étape prédimensionnelle correspond à la configuration des connaissances préalables à la construction de la ligne numérique mentale. L'étape unidimensionnelle ou dimension linéaire correspond à la construction mentale d'une ligne numérique ; désormais, l'enfant a besoin d'une stratégie cognitive pour déterminer la quantité d'objets dans un ensemble. L'étape bidimensionnelle ou dimension bi-nombre correspond à la capacité d'un enfant à travailler séparément sur deux lignes numériques différentes (p. ex. unités ou dizaines). L'étape dimensionnelle intégrée correspond à la capacité de travailler simultanément sur deux lignes numériques (p. ex. unités et dizaines) et d'étendre sa compréhension au-delà de ces limites.

Étape prédimensionnelle : La pensée quantitative

Les néopiagétiens situent les enfants de 48 mois à l'étape prédimensionnelle de la pensée quantitative, dans laquelle la connaissance des nombres demeure intuitive et informelle. Aussi, le développement de la connaissance des nombres se base sur la présence de deux compétences cognitives : les notions de quantité relative et de quantité numérique.

En premier lieu, la notion de quantité relative est intuitive et non numérique. Elle se traduit par la capacité à distinguer approximativement un groupe d'objets d'un autre par la taille de celui-ci. Cette habileté quantitative informelle serait identifiable dès la petite enfance. En guise d'exemple, les enfants de cinq mois montreraient déjà une sensibilité quantitative en étant capables d'additionner ou soustraire une petite quantité d'objets ; ils seraient capables d'appliquer cette compétence pour discriminer la présence d'un ou de deux parents (Wynn, 1992). Plus tard, cette compétence leur permettra de répondre aux catégories de « plus que » ou « moins que » de même que de percevoir la différence quantitative reliée aux conséquences des opérations d'addition, de soustraction (ajout ou retrait d'un objet) ou de transformation spatiale effectuée sur un arrangement d'objets.

En second lieu, la notion de quantité numérique représente l'aptitude à distinguer différents arrangements d'objets sur une base quantitative. Ainsi, les enfants peuvent compter un petit ensemble d'objets et savoir que le dernier chiffre correspond également à la quantité totale de l'ensemble : c'est la notion de cardinalité (Bermejo, 1996). Bien que ces compétences soient présentes à ce stade du développement, les enfants ne sont pas aptes à répondre à des questions faisant appel à ces catégories de façon simultanée. Par exemple : lequel est plus grand, 4 ou 5 ? Qui plus est, vers l'âge de six ans, les enfants devraient être en mesure d'intégrer les compétences de quantité relative et de quantité numérique (Griffin & Case, 1997). Dès lors, les enfants devraient se situer à l'étape unidimensionnelle (dimension linéaire) étant désormais prêts pour les apprentissages formels de la première année du primaire.

Selon les néopiagétiens, les enfants de 48 mois possèdent une panoplie de compétences cognitives intuitives qui constituent la structure de base sur laquelle s'appuieront les apprentissages mathématiques futurs. De façon générale, il semblerait

que les enfants développent, de façon spontanée et intuitive, des stratégies opérationnelles (addition et soustraction) qui se raffinent avec le temps, mais qui présentent toujours certaines limitations dues à leur âge, leur degré de développement cognitif et les expériences d'apprentissages vécues (Ginsburg, Pappas, & Seo, 2001). Par conséquent, tout retard ou lacune dans le développement de ces compétences préalables aux mathématiques peut exposer ces enfants à un risque élevé d'échec scolaire et de redoublement au primaire (Ramey & Ramey, 2004).

Prévention au préscolaire

Les programmes universels au préscolaire favorisent la réussite de la transition à la première année du primaire, en accentuant le développement des préalables aux apprentissages futurs. Or, suivre simplement un programme préscolaire ne procure pas le renforcement cognitif nécessaire à la réussite scolaire (Karweit, 1994; Pagani, Larocque, Tremblay, & Lapointe, 2006). Dès lors, il devient nécessaire d'enrichir les programmes préscolaires pour assurer la réussite chez les enfants à risque et favoriser, entre autres, le développement des préalables aux mathématiques. Dans cette optique, plusieurs initiatives visant l'éveil numérique ont été implantées au Canada et aux États-unis (Dowker, 2005). Parmi celles-ci, les résultats paraissent intéressants, sans toutefois permettre aux enfants de milieux défavorisés de rejoindre ceux qui proviennent de milieux plus nantis (Starkey, Klein, & Wakeley, 2004).

Préalables aux mathématiques et réussite scolaire

Pour comprendre les bienfaits d'une intervention relative au développement des habiletés mathématiques, il est essentiel de saisir la relation entre le niveau de compétences acquises avant le début de la scolarité formelle et la réussite en mathématiques plus tard. Pour ce faire, nous nous proposons d'approfondir les

connaissances sur le développement du nombre au cours de la période préscolaire (de la prématernelle à la maternelle) et son influence sur la réussite en mathématiques en première année du primaire.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'Étude Montréalaise sur le Préscolaire en Milieu Défavorisé, démarrée en 1997, et dirigée par la Dre. Pagani, auprès d'une population d'enfants défavorisés de la région de Montréal, au Québec. L'article scientifique donne suite à cette introduction et rend compte de ces réflexions.

Article

Le progrès développemental de la connaissance des nombres au préscolaire en tant que prédicteur de la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire

Milenka Muñoz

Université de Montréal

Linda Pagani

Université de Montréal

Sommaire

Cette étude vise à vérifier l'hypothèse qui prône une relation significative entre le progrès développemental de la connaissance des nombres fait dans la période préscolaire, c'est-à-dire de l'entrée de la prématernelle à la fin de la maternelle, sur la réussite en mathématiques à la fin de la 1^{ière} année du primaire. À ce sujet, l'étude montréalaise sur le préscolaire en milieu défavorisé a suivi une cohorte de 532 enfants de milieux défavorisés sur une période de trois ans.

Les résultats obtenus à l'aide d'une analyse de régression linéaire indiquent que la connaissance des nombres, faits dans la période préscolaire, se présente comme un facteur significatif dans la réussite en mathématiques des enfants à la fin de la 1^{ière} année du primaire. Ces résultats se maintiennent au-delà de l'influence des variables sociodémographiques, des compétences linguistiques, tant à l'entrée en prématernelle qu'au cours de la période préscolaire, de même que du niveau de connaissance des nombres à l'entrée en prématernelle.

Mots clés : développement cognitif, connaissance des nombres, NKT, mathématiques, changement développemental, préscolaire

Summary

This paper aims to assess the positive association between developmental change related to number knowledge, made during junior kindergarten and kindergarten, and mathematics performances at the end of first grade. The Montreal Longitudinal-Experimental Preschool Study followed a cohort of 532 poor preschool-age children for three years. Using multiple regression analysis, results show that performances at the end of first grade are predicted significantly by developmental change related to number knowledge. This is above and beyond sociodemographic factors, baseline number knowledge and language knowledge and developmental change related to language competencies.

Key words: Cognitive development, number knowledge, NKT, developmental change, mathematics, junior kindergarten

Le progrès développemental de la connaissance des nombres au préscolaire en tant que prédicteur de la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire

La réussite scolaire est un indicateur majeur de vie adulte productive (Card, 1999). Les mathématiques, présentes dès le début de la scolarisation, semblent jouer un rôle important dans la réussite scolaire. Débutant dans la période préscolaire et étant à la base des principes arithmétiques, la connaissance des nombres constitue un des précurseurs cognitifs (Geary, 1994) et un puissant indicateur de réussite en mathématiques. Or, au cours de son développement, la connaissance des nombres peut rencontrer certains obstacles, dont un de taille est la pauvreté. Comparés aux enfants plus nantis, les enfants de milieux défavorisés sont plus à risque de montrer un retard significatif quant à l'acquisition des connaissances. Cet écart est perceptible dès 48 mois et tend à s'élargir au cours des ans. La période préscolaire constitue une période critique quant au développement de la pensée quantitative qui débute autour de 48 mois (UNICEF, 2001).

Cette étude vise à étudier le progrès de la connaissance des nombres au préscolaire, notamment les conditions de réussite chez des enfants à risque d'échec scolaire. Plus particulièrement, cette étude vise à étudier les conditions de réussite en mathématiques chez les enfants de milieux défavorisés.

Réussite scolaire et mathématiques

Influencées tant par les facteurs internes que les facteurs externes, les trajectoires de rendement scolaire, débutant lors de la scolarité formelle, sont stables au cours de l'enfance et de l'adolescence (Alexander, Entwisle, & Dauber, 2003). De plus, l'atteinte ou non des défis liés à chacune des étapes du parcours scolaire peut avoir des

répercussions sérieuses à long terme (Entwisle & Alexander, 1998). Dans ce sens, autant la réussite de la première année du primaire augmente les chances d'obtenir un diplôme et d'occuper un emploi à 22 ans, autant l'échec vécu tôt dans le cheminement scolaire risque d'entraîner des conséquences plus dommageables que s'il survient plus tard, et ce, tant sur le plan scolaire que comportemental (Pagani, Tremblay, Vitaro, Boulerice, & McDuff, 2001). Or, Entwisle et Alexander (1993) indiquent qu'il y aurait plus de redoublement en première année que dans les années ultérieures.

À moyen terme, l'échec scolaire augmente significativement le risque de décrochage scolaire et de délinquance à 16 ans (Pagani, Boulerice, Tremblay, & Vitaro, 1999). À long terme, il y a une augmentation significative du risque de manque récurrent d'emploi (Kokko, Bergman, & Pulkinnen, 2000) et une situation financière précaire à l'âge adulte (Tyler, Murnane, & Willet, 2000).

Les résultats d'une étude québécoise menée dans la région de Montréal indiquent que les difficultés en mathématiques pourraient être responsables de près de la moitié des échecs scolaires au primaire (Pagani et al., 2001). Ces résultats ressemblent à ceux de la National Assessment of Educational Progress (2004) indiquant que les enfants provenant de milieux défavorisés se montrent plus faibles en mathématiques, ce qui en fait des élèves à haut risque d'échec scolaire (Natriello, McDill, & Pallas, 1990).

Afin de mieux comprendre les facteurs qui influencent la réussite en mathématiques en première année du primaire, il est essentiel d'étudier le développement des mathématiques au cours de la période préscolaire.

Le processus développemental des mathématiques

Les compétences de base reliées à la pensée quantitative, c'est-à-dire à la connaissance des nombres, sont innées chez les humains (Starkey, Spelke, & Gelman,

1991) et leur développement est principalement fonction de l'âge, du développement cognitif et de l'expérience. Ainsi, dès 24 mois, les enfants s'engagent régulièrement dans des activités reliées aux nombres (Saxe, Guberman, Gearhart, Gelman, Massey, & Rogoff, 1987) et jusqu'à environ huit ans, les enfants développeront la connaissance des nombres et graduellement, la ligne numérique (Case, 1996; Fuson, 1988). Parmi les différents modèles théoriques que l'on trouve dans ce domaine d'études, un modèle néo-piagétien a notamment pour objet le développement de la ligne numérique.

Modèle néo-piagétien

Case (1975) a élaboré un modèle de conception néo-piagétienne qui porte spécifiquement sur le développement de la pensée quantitative, tentant d'expliquer le développement de la connaissance des nombres à travers la ligne numérique mentale. Ce modèle repose sur l'hypothèse que les individus possèdent des structures cognitives centrales innées qui se développent en interaction avec l'environnement (Spelke, 1988). Graduellement, ces structures intègrent de nouvelles connaissances permettant d'acquérir des compétences de complexité croissante.

À 48 mois, les enfants possèdent deux compétences parallèles (Resnick, 1989) importantes : la quantité relative intuitive (distinguer approximativement deux ensembles d'objets) et la quantité numérique (compter machinalement). Or, leur compréhension de la ligne numérique est prédimensionnelle, car ils ne sont pas en mesure d'intégrer ces deux compétences. Cette intégration se fera graduellement, et vers six ans, ils devraient être aptes à saisir le fonctionnement de la ligne numérique mentale unidimensionnelle. Progressivement, ils seront capables d'utiliser plusieurs lignes numériques par exemple, unités et dizaines) à la fois et, enfin, de posséder une compréhension approfondie du système numérique (incluant le système des décimales)

et des opérations (addition, soustraction, multiplication et division) associées, c'est-à-dire l'arithmétique.

Connaissance des nombres : Préalables à la réussite en mathématiques

Bien que ne constituant qu'un des précurseurs des mathématiques, la connaissance des nombres n'en demeure pas moins un élément conceptuel central qui permet la génération de nouvelles connaissances (Case, 1996). Ceci est d'autant plus vrai que la connaissance des nombres constitue un puissant indicateur de réussite des apprentissages mathématiques futurs (Duncan et al., soumis). Dans ce sens, les faibles performances en mathématiques pourraient s'expliquer par un décalage grandissant entre les compétences préalables insuffisamment développées dans la période préscolaire et les algorithmes de difficulté et de complexité croissantes enseignés au primaire (Griffin, Case, & Capodilupo, 1995). Étant donné que ces compétences se développent en fonction des expériences, l'environnement dans lequel évolue un enfant revêt une importance centrale.

Variables concomitantes

L'environnement familial, c'est-à-dire le niveau de scolarité des parents, la configuration familiale et le revenu familial, fournissent en principe une quantité importante d'occasions d'apprentissages et d'exploration aux enfants.

Tout d'abord, le niveau d'éducation des parents exerce une influence directe et indirecte sur le développement des enfants et sur la réussite scolaire (Alexander & Entwisle, 1993). Tout en tenant compte de facteurs modérateurs tels que les pratiques parentales ou les compétences individuelles de chaque parent (McCulloch & Joshi, 2001), il influence l'éducation informelle de l'enfant (Brooks-Gunn, Klebanov, & Liaw, 1995; Ramey & Ramey, 2004). Celle-ci se définit par le soutien parental aux

apprentissages (Starkey & Klein, 2000), la stimulation (cognitive, physique, etc.) (Saint-Laurent, 2001) et la préparation pour les apprentissages formels (Holloway, Rambaud, Fuller, & Eggers-Pierola, 1995; Piotrkowski, Botsko, & Matthews, 2000). Parallèlement, le niveau d'instruction des parents, leurs aspirations et attentes vis-à-vis de l'école, influencent les performances et les capacités de leur enfant (Entwisle & Alexander, 2000). D'ailleurs, les aspirations scolaires des parents agiraient même en tant que médiateur entre la pauvreté et le risque d'échec scolaire chez leur enfant (De Civita, Pagani, Vitaro, & Tremblay, 2004).

Les études portant sur la configuration familiale révèlent que les familles monoparentales ont plus de difficultés à proposer des activités d'apprentissages à leurs enfants (Brooks-Gunn et al., 1995; Entwisle & Alexander, 1996), soit par manque de temps, soit par manque de ressources (Entwisle & Alexander, 1995). Dans ce sens, les études ayant établi un lien entre la pauvreté et l'échec scolaire indiquent des effets nocifs persistants (Alexander & Entwisle, 1993; Duncan, Yeung, Brooks-Gunn, & Smith, 1998; Pagani, Boulerice, & Tremblay, 1997; Pagani et al., 1999; Wasik, Bond, & Hindman, 2002). Effectivement, il y a une hausse significative du risque de montrer un faible développement cognitif à cinq ans (Dearing, McCartney, & Taylor, 2001; Duncan, Brooks-Gunn, & Klebanov, 1994; Duncan et al., 1998; McCullosh & Joshi, 2001). Ainsi, il y aurait plus d'échec scolaire chez les enfants issus des milieux les plus défavorisés (Cosden, Zimmer, & Tuss, 1993; Rosenkoetter, 2001) et ce, dès la première année du primaire (Alexander & Entwisle, 1993).

À moyen terme, la pauvreté est associée à un risque d'échec scolaire à 12 ans (Pagani et al., 1997). De plus, un faible niveau socioéconomique est un bon indicateur d'abandon scolaire (Entwisle, Alexander, & Olson, 2005). Étant en situation de vulnérabilité, ces enfants seraient donc à leur tour à risque de connaître les mêmes

difficultés socioéconomiques que leurs familles (McLoyd, 1998), reproduisant ainsi le cycle intergénérationnel de la pauvreté (Rodgers, 1995).

Par ailleurs, la préparation linguistique semble être un facteur clé en vue d'une préparation scolaire et d'un bon rendement (Pagani, Jalbert, Lapointe, Hébert, & Tremblay, 2006). D'une part, les enfants ne maîtrisant pas la langue officielle d'enseignement ont tendance à donner un rendement plus faible lorsque les tests leurs sont passés dans cette langue (Driessen, 1997). D'autre part, la connaissance des nombres de même que le vocabulaire mathématique sont nécessairement liées au niveau de développement du langage (Vygotsky, 1962).

Somme toute, la préparation linguistique tout comme le niveau d'instruction des parents, la configuration familiale, le niveau socioéconomique (Alexander & Entwisle, 1996) ou l'interaction de ces facteurs contribuent de façon directe et indirecte aux apprentissages d'un enfant et pourraient expliquer partiellement les écarts cognitifs observés entre les enfants provenant de milieux défavorisés et ceux de milieux plus nantis (Ramey & Ramey, 2004).

Écart de développement entre les enfants de milieux socioéconomiquement différents

À l'entrée scolaire primaire, Starkey, Klein et Wakeley (2004) ont estimé un écart développemental de sept mois entre les enfants mieux préparés, issus de milieux socioéconomiques moyens, et les enfants moins préparés, issus de milieux socioéconomiques défavorisés. Or, les études portant sur la préparation préscolaire montrent qu'il existe, déjà à 48 mois, un écart entre les enfants de milieux défavorisés et ceux de milieux plus nantis, tant du point de vue des connaissances que du développement cognitif (Ginsburg & Globeck, 2004).

À cet égard les questions suivantes se posent : est-il possible d'éliminer cet écart en favorisant le développement de la connaissance des nombres chez les enfants moins préparés? Quel est l'impact des progrès réalisés au cours de la période préscolaire sur la réussite ultérieure en mathématiques? Est-il possible d'estimer le progrès que les enfants moins préparés devraient accomplir au cours de la période préscolaire pour rattraper leurs camarades plus avancés?

Objectif et hypothèse

En nous basant sur les études qui indiquent que les enfants de milieux défavorisés risquent d'avoir une représentation informelle du nombre insuffisamment développée (Case, 1975; Griffin, Case, & Siegler, 1994), qu'ils risquent d'être désavantagés dès leur entrée à l'école par rapport à leurs pairs mieux préparés (Entwisle & Alexander, 1996) et que les caractéristiques de la famille et de l'enfant semblent influencer l'évolution de ce processus (Alexander & Entwisle, 1993; Entwisle & Alexander, 2000; DeCivita, Pagani, Vitaro, & Tremblay, 2004), notre objectif est de comprendre l'impact du progrès en matière de connaissance des nombres, au cours du préscolaire, sur la réussite en première année. Ainsi, nous avançons l'hypothèse que l'aptitude en mathématiques à la fin de la première année du primaire est en partie prédite par les progrès dans la connaissance des nombres faits au cours de la période préscolaire (du début de la prématernelle à la fin de la maternelle) et ce, au-delà des facteurs sociodémographiques, du degré de connaissance des nombres au début de la prématernelle et des capacités langagières.

Méthodologie

Participants et processus de sélection

Cette étude a débuté en 1997, auprès de 532 filles et garçons fréquentant des classes de prématernelle appartenant à des établissements d'enseignement de la Commission scolaire de Montréal (CSDM). Ces participants proviennent de l'Étude montréalaise sur le préscolaire en milieu défavorisé, de l'Hôpital Ste-Justine.

La sélection des participants s'est effectuée en plusieurs étapes. Dans un premier temps, il a fallu obtenir le consentement de la CSDM et des écoles. Par la suite, les parents ont été invités à une rencontre d'informations où la possibilité de refuser de participer ou de se désister à tout moment leur a été offerte. Ce processus de sélection a permis de recruter 532 participants, soit environ 30 % de la population visée.

Les données sociodémographiques ont été recueillies auprès des parents à l'aide d'un questionnaire à retourner par la poste. Les mesures recueillies à trois reprises auprès des participants ont été collectées à l'aide de questionnaires administrés à l'école, par des assistants de recherche entraînés et expérimentés.

Variables et instruments

ENF : *sexe, âge et langue maternelle*. Ce bloc correspond aux variables reliées à l'enfant. L'échantillon se divise en 50,4 % filles et 49,6 % garçons et l'âge moyen des participants est de 4,63 +/- 0,29 ans. L'âge des participants est établi lors de la passation des tests, au début de la prématernelle. La variable « langue maternelle » comporte deux catégories : francophone (64,7 %) et non francophone (35,3 %). D'ailleurs, le groupe des non francophones correspond à plus de 30 minorités linguistiques différentes.

FAM : *Scolarité des parents, configuration familiale et revenu familial*. Ce bloc correspond aux variables relatives à la famille : la scolarité de la mère (11,97 +/- 3,5 ans)

et du père (12,48+/-3,82 ans), la configuration parentale (présence d'un parent, 35,2 % ou deux, 64,8 %), la fratrie (présence, 76,2 % ou non, 23,8 %) et le revenu familial (moyenne de 15 000 \$ +/- 5 000 \$).

Langage réceptif. Cette variable correspond au niveau de base des compétences langagières, au début de la prématernelle. Elle est mesurée à l'aide de l'Échelle de vocabulaire en images Peabody (*Peabody Picture Vocabulary Test* : EVIP-PPVT, Formes A et B, adaptation française par Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 1993). Chaque énoncé représente quatre images possibles où le participant doit identifier l'image associée à un objet nommé. L'échelle comprend cinq énoncés d'exemple et 170 énoncés de difficulté croissante. La fidélité est établie à l'aide de la méthode *split-half* et une correction de Spearman-Brown pour chaque groupe et pour chacune des Formes A et B. ($r = 0,66$ et $0,85$, respectivement). La fidélité test-retest des formes parallèles est de $0,72$ à une semaine d'intervalle. Les corrélations avec les autres tests de vocabulaire et d'intelligence sont élevées (Dunn et al., 1993). Cette version francophone de l'instrument a été standardisée auprès d'une population canadienne française (2038 participants, âgés de deux à 18 ans). Cet instrument est administré individuellement, au début de la prématernelle et à la fin de la maternelle. La durée de passation est d'environ 10 minutes. Chaque énoncé est présenté oralement et requiert une réponse orale de la part du participant. Les résultats sont établis en fonction de l'âge et de l'aptitude du participant. Les résultats bruts sont convertis en résultats standardisés (moyenne = 100 ; écart type = 15).

Cette mesure fournit un indicateur par rapport au progrès développemental des compétences langagières, en soustrayant le résultat obtenu au test EVIP au début de la prématernelle de celui obtenu à la fin de la maternelle. Le résultat se situe entre 0 et 170.

Connaissance des nombres. Cette variable correspond au niveau de base de connaissance des nombres au début de la prématernelle. Elle est mesurée à l'aide de la version 0 du *Number Knowledge Test*, (NKT ; Okamoto & Case, 1996). Ce test permet de déterminer le degré de connaissances que l'enfant a acquis selon son niveau d'âge (Griffin et al., 1994; Griffin et al., 1995; Griffin, Case, & Sandieson, 1992; Okamoto & Case, 1996). Le NKT comprend 36 énoncés, subdivisés en cinq niveaux d'âge correspondant aux connaissances générales en mathématiques attendues chez les enfants de 4-, 6-, 8-, 10- et 12- ans, dont le développement est « normal ». Des normes sont établies pour chaque niveau d'âge, à la fois pour les enfants à faibles et moyens revenus de l'Ontario, du Massachusetts, de l'Oregon et de la Californie. Les normes établies chez 6000 enfants francophones du Québec sont similaires à celles présentées par Okamoto et Case (1996). La version 0 de cet instrument est administrée individuellement et la durée de passation est d'environ 15 minutes. Chaque énoncé du NKT est lu oralement et requiert une réponse orale de la part de l'enfant. Le résultat total représente le nombre d'énoncés réussis correctement. Pour cette version, le résultat se situe entre 0 et 4.

Cette mesure nous a permis d'élaborer un indicateur par rapport au progrès développemental relatif à la connaissance des nombres, correspondant au progrès fait entre le début de la prématernelle et la fin de la maternelle. Pour les mesures colligées à la fin de la maternelle, les versions 0 et 1 du test NKT sont utilisées. Les enfants ont la possibilité de poursuivre au niveau suivant (niveau 1), correspondant au groupe d'âge de six ans. Le score de changement est obtenu en soustrayant le résultat obtenu au test NKT au début de la prématernelle à celui de la fin de la maternelle. Le résultat se situe entre 0 et 19.

Cette échelle fournit également un indicateur de performance en mathématiques à la fin de la première année du primaire, correspondant au résultat obtenu à la version 1 du test NKT (Okamoto & Case, 1996), auquel des items du *Canadian Achievement Test* (CAT ; Canadian Test Center, 2005) ont été ajoutés. Les énoncés présentés sont de complexité croissante et mesurent les compétences de base telles que le positionnement du nombre, l'addition et la soustraction. Le test, d'une durée d'environ 20 minutes, est administré individuellement. Le questionnaire est sous forme écrite et comporte des questions en mots et des questions en chiffres. Le résultat est ensuite compilé selon les réponses correctement obtenues par le participant. Le résultat se situe entre 0 et 22.

Stratégie analytique

L'objectif principal de cette étude est de prédire la performance en mathématiques à la fin de la première année du primaire à partir des progrès développementaux de la connaissance des nombres faits durant la période préscolaire, c'est-à-dire, entre le début de la prématernelle et la fin de la maternelle.

Dans un premier temps, les facteurs psychosociaux qui pourraient influencer directement ou indirectement la connaissance des nombres au début de la prématernelle sont identifiés. Pour ce faire, nous examinons les corrélations entre les différentes variables sociodémographiques, regroupées en deux blocs (enfant et famille), le niveau de langage réceptif obtenu à l'aide de l'EVIP et le niveau de connaissance des nombres obtenu à l'aide du test NKT, tous deux obtenus au début de la prématernelle. Enfin, ces variables seront introduites dans une analyse de régression *Ordinary Least Square*. L'équation suivante représente la première partie de notre hypothèse.

$$(1) \quad NKT_{idp} = a_1 + \beta_1 EVIP_{idp} + \beta_2 ENF_{idp} + \beta_3 FAM_{idp} + e_{1i}$$

Où, NKT_{idp} représente le niveau de connaissance des nombres obtenu (à l'aide du test NKT) par l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); $EVIP_{idp}$ représente le niveau de langage réceptif obtenu (à l'aide du test EVIP) par l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); ENF_{idp} représente les caractéristiques inhérentes à l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); FAM_{idp} représente les variables familiales de l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); β_1 , β_2 , et β_3 représentent les coefficients standardisés du modèle; les termes a_1 et e_{1it} représentent la constante et l'erreur randomisée du modèle.

Dans un deuxième temps, nous déterminons les progrès développementaux relatifs à la connaissance des nombres obtenus par un enfant au préscolaire. Cet indice de changement est établi en soustrayant le résultat obtenu au test NKT au début de la prématernelle de celui obtenu à la fin de la maternelle. Cet écart nous permettra de déterminer l'ampleur et la direction du changement relatif d'un enfant au cours de cette période.

Par la suite, tout en contrôlant le niveau de base de connaissance des nombres, des compétences verbales d'un enfant au début de la prématernelle et les progrès langagiers faits entre la prématernelle et la fin de la maternelle, l'analyse de régression OLS permettra de vérifier si, et dans quelle mesure, les progrès développementaux permettent de prédire la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire. L'équation suivante représente la deuxième partie de notre hypothèse.

$$(2) \quad NKT_{ifp} = a_2 + \Delta_1 NKT_i + \Delta_2 EVIP_i + \beta_4 NKT_{idp} + \beta_5 EVIP_{idp} + \beta_6 ENF_{idp} + \beta_7 FAM_{idp} + e_{2it}$$

Où, NKT_{ifp} représente la réussite standardisée au test NKT pour l'enfant (i) à la fin de la première année (fp); $\Delta_1 NKT_i$ représente le progrès développemental relatif à la connaissance des nombres (précurseurs à l'arithmétique) fait dans la période

préscolaire; Δ_2EVIP_i représente le progrès développemental relatif aux compétences verbales fait dans la période préscolaire; NKT_{idp} représente le niveau de connaissance des nombres obtenu (à l'aide du test NKT) par l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); $EVIP_{idp}$ représente le niveau de langage réceptif obtenu (à l'aide du test EVIP) par l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); ENF_{idp} représente les caractéristiques inhérentes à l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); FAM_{idp} représente les variables familiales pour l'enfant (i) au début de la prématernelle (dp); $\beta_4, \beta_5, \beta_6$ et β_7 représente les coefficients standardisés du modèle ; les termes a_2 et e_{2it} représentent la constante et l'erreur randomisée du modèle.

Résultats

Les résultats sont présentés en trois sections. Tout d'abord, nous présentons les résultats obtenus pour l'équation 1. Ensuite, nous présentons les résultats de notre hypothèse principale (équation 2). Enfin, nous faisons état des résultats d'analyses plus poussées.

Connaissance des nombres à la prématernelle (NKT_{idp})

Pour cette première étape, nous avons examiné les relations bivariées entre les variables présentées à l'équation 1, afin de vérifier la présence de relations significatives entre les variables indépendantes et la variable NKT_{idp} . On constate que la variable NKT_{idp} est fortement reliée à la variable $EVIP_{idp}$ ($r = .506, p < .001$) et moyennement reliée aux variables âge ($r = .210, p < .01$), langue maternelle ($r = -.287, p < .01$), scolarité de la mère ($r = .166, p < .01$) et du père ($r = .129, p < .05$) et le revenu familial ($r = .177, p < .01$). Ces variables sont retenues pour l'équation de régression (équation 1).

Par la suite, nous avons conduit une analyse de régression OLS dans le but de connaître l'influence des blocs de variables ENF et FAM sur la variable NKT_{idp} . Les résultats montrent une contribution unique et significative de la variable $EVIP_{idp}$ ($\beta = .500, p < .001$) et ce, au-delà de l'influence des blocs de variables ENF et FAM. Le tableau 1 indique une relation positive entre $EVIP_{idp}$ et NKT_{idp} . D'ailleurs, lorsque la variable $EVIP_{idp}$ augmente d'une unité d'écart type, la variable NKT_{idp} augmente de 65 % d'un écart type.

Tableau 1

Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT, sur les variables sociodémographiques et langagière

Variable dépendante au début de la prématernelle	Connaissance des nombres (NKT_{idp})		
<i>Variabes indépendantes</i>	β (ES)	ΔF	I-C
<i>Variable contrôlée</i>		69.422*	
<i>Test (résultats)</i>			
Langage réceptif ($EVIP_{idp}$) *	.500 (.00)		[.019 ; .039]
<i>Variabes enfant (bloc ENF)</i>		.677	
Âge	.060 (.28)		[-.301 ; .806]
Langue maternelle	.019 (.21)		[-.362 ; .401]
<i>Variabes familiales (bloc FAM)</i>		.529	
Revenu familial	.067 (.06)		[-.056 ; .168]
Scolarité de la mère	-.050 (.03)		[.075 ; .038]
Scolarité du père	-.030 (.03)		[-.062 ; .040]
$F(6)$		11.490*	
N = 203			
R^2	.268		

Note. ES = erreur standard ; Δ = variation ; I-C = intervalle de confiance à 95%
* $p < .001$

Rendement en mathématiques à la fin de la 1^{ière} année (NKT_{ifp})

Nous avons tout d'abord identifié les corrélations significatives entre la variable dépendante (NKT_{ifp}), les variables indépendantes retenues dans l'équation 1 et les variables relatives aux progrès développementaux, ΔNKT_i et ΔEVIP_i . Mise à part les variables de contrôle (NKT_{idp} et EVIP_{idp}), seules les variables ΔNKT_i et $\hat{\text{AGE}}_i$ présentent une association significative avec la variable NKT_{ifp} ($r = .292, p < .01$ et $r = .169, p < .01$, respectivement) et sont retenues pour l'équation de régression (équation 2).

Par la suite, nous avons conduit une analyse de régression OLS dans le but de prédire la variable NKT_{ifp} à partir des variables retenues pour l'équation 2, tout en contrôlant pour les variables NKT_{idp} et EVIP_{idp}. Les résultats indiquent une contribution significative et unique de la variable ΔNKT_i ($\beta = .359, p < .001$). De plus, cette relation se maintient malgré l'influence significative de la variable NKT_{idp}. Le tableau 2 indique que lorsque la variable NKT_{ifp} augmente d'une unité d'écart type, la variable ΔNKT_i augmente de 96 % d'un écart type.

Tableau 2
Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT, sur les performances au préscolaire

Variable dépendante à la fin de la 1 ^{ière} année du primaire	Performance en mathématiques à la fin de la 1 ^{ière} année (NKT_{1p})		
	β (ES)	ΔF	I-C
<i>Variables indépendantes</i>			
<i>Entrée en prématernelle</i>			
<i>Variable de contrôle</i>		20.782**	
<i>Test (résultats)</i>			
Connaissance des nombres (NKT_{idp})**	.303(.11)		[.425; .861]
Langage réceptif ($EVIP_{idp}$)	-.064(.01)		[-.022 ; .005]
<i>Variables enfant (bloc ENF)</i>			
Âge	.083(.41)		[-.068 ; 1.551]
<i>Période préscolaire^a</i>			
Progrès développemental de la connaissance des nombres (ΔNKT_i)**	.359(.04)	54.161**	[.181 ; .313]
$F(4)$		24.564**	
N = 407			
R^2	.209		

Note. ^a du début de la prématernelle à la fin de la maternelle
ES = erreur standard ; Δ = variation ; I-C = Intervalle de confiance à 95%
*p < .05, ** p < .001

Régressions OLS spline sur le langage réceptif

Étant donné l'apport considérable de la variable $EVIP_{idp}$ dans l'équation 1, nous avons décidé de mener des analyses plus approfondies afin d'investiguer la relation linéaire entre le NKT_{idp} et l' $EVIP_{idp}$. La possible présence de sous-groupes se comportant différemment pourrait confondre les résultats obtenus. Pour ce faire, nous avons, dans un premier temps, constitué deux sous-groupes significativement différents

($t(3,773) = 425.410, p < .001$) en divisant l'échantillon au 50^e percentile sur la variable $EVIP_{idp}$, et, dans un 2^{ième} temps, en comparant les quartiles plus faibles et plus élevés ($t(3,337) = 181.086, p < .01$) sur la variable $EVIP_{idp}$.

Comparaison des sous-groupes divisés au 50^e percentile sur la variable $EVIP_{idp}$

Tout en contrôlant l'influence du niveau de base des variables NKT_{idp} et $EVIP_{idp}$ nous avons conduit une analyse de régression OLS spline (piecewise) pour chaque groupe afin de vérifier si ceux-ci se comportent de la même façon dans la prédiction de NKT_{ifp} , à partir des variables retenues pour l'équation 2. Tels que présentés au tableau 3, les résultats indiquent un apport significatif de la variable ΔNKT_i dans l'équation de régression (équation 2) pour les deux groupes. La comparaison entre eux montre que la variable ΔNKT_i est plus forte et plus stable pour le groupe plus faible ($\beta = .371, p < .001$ c. $\beta = .284, p < .001$). De plus, l'équation de régression (équation 2) paraît plus robuste, plus stable et explique davantage de variance pour le groupe plus faible ($R^2 = .210, F(3) = 17.501, p < .001$ c. $R^2 = .158, F(3) = 12.532, p < .001$). Ce résultat indique que le modèle de prédiction est plus fort pour le groupe sous le 50^e percentile sur la variable $EVIP_{idp}$. Par ailleurs, lorsque la variable ΔNKT_i augmente d'une unité d'écart type, la valeur de la variable NKT_{ifp} augmente de 96 % d'un écart type pour le groupe plus faible, alors qu'il augmente de près de 76 % d'un écart type pour le groupe plus fort.

Tableau 3

Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT; les modèles incluent le 50% plus faible et 50% plus élevé de l'échantillon, sur le langage réceptif à l'entrée en prématernelle

Variable dépendante à la fin de la 1 ^{ère} année du primaire	Performance en mathématiques à la fin de la 1 ^{ère} année (NKT_{1fp})		
	β (ES)	ΔF	I-C
<i>Variables indépendantes</i>			
50 % plus faible sur le langage réceptif			
<i>(EVIP_{idp})^a (n=217)</i>			
<i>Entrée en prématernelle</i>			
Connaissance des nombres (NKT_{idp}) *	.258 (.14)	13.783**	[.273 ; .814]
Âge	.092 (.58)	1.709	[-.323; 1.267]
<i>Période préscolaire^b</i>			
Progrès développemental de la connaissance des nombres (ΔNKT_i) **	.371 (.04)	34.357**	[.167 ; .335]
<i>F(3)</i>		17.501**	
50 % plus élevé sur le langage réceptif			
<i>(EVIP_{idp})^a (n=212)</i>			
<i>Entrée en prématernelle</i>			
Connaissance des nombres (NKT_{idp}) *	.267(.17)	14.645**	[.360 ; 1.045]
Âge	.070 (.59)	2.446	[-.537 ; 1.777]
<i>Période préscolaire^b</i>			
Progrès développemental de la connaissance des nombres (ΔNKT_i) **	.284 (.05)	18.877**	[.127 ; .339]
<i>F(3)</i>		12.532**	
<i>R²</i>	.209		

Note. ^a coupure à 25

^b de l'entrée en prématernelle à la fin de la maternelle

ES = erreur standard ; Δ = variation ; I-C = intervalle de confiance à 95%

* $p < .01$, ** $p < .001$

Comparaison des quartiles extrêmes

Dans cette deuxième étape, nous avons conduit la même analyse de régression qu'à l'étape précédente, mais en utilisant les quartiles extrêmes, c'est-à-dire le quartile plus faible et le quartile plus élevé sur la variable $EVIP_{idp}$. Ainsi, tout en contrôlant l'influence du niveau de base des variables NKT_{idp} et $EVIP_{idp}$, nous avons conduit une analyse de régression OLS dans le but de vérifier si l'écart identifié dans l'analyse précédente s'élargit entre ces deux groupes. Au tableau 4, les résultats indiquent un apport significatif de la variable ΔNKT_i dans l'équation de régression (équation 2) pour les deux groupes. La comparaison entre eux montre des résultats similaires à l'analyse précédente mais également, montre un écart plus grand entre les quartiles extrêmes.

Premièrement, la variable ΔNKT_i est plus forte et plus stable pour le quartile plus faible comparé au quartile plus fort ($\beta = .509, p < .001$ c. $\beta = .193, p < .05$). Deuxièmement, l'âge apparaît comme un indicateur significatif uniquement pour le groupe plus faible ($\beta = .186, p < .05$). Finalement, l'équation de régression (équation 2) est plus robuste, plus stable et explique davantage de variance pour le groupe plus faible que pour le groupe plus élevé ($R^2 = .371, F(3) = 19.477, p < .001$ c. $R^2 = .096, F(3) = 3.753, p < .05$). Ce résultat indique que le modèle de prédiction est plus fort pour le quartile plus faible. Par ailleurs, lorsque la variable ΔNKT_i augmente d'une unité d'écart type, la variable NKT_{ifp} augmente de 133 % d'un écart type pour le groupe plus faible alors qu'il augmente de 55 % d'un écart type pour le quartile plus élevé.

Bref, ces deux analyses plus approfondies montrent qu'à mesure que la valeur de la variable $EVIP_{idp}$ diminue, le pouvoir prédictif de la variable ΔNKT_i augmente. De même, à mesure que le score au test $EVIP_{idp}$ augmente, le pouvoir prédictif de la variable ΔNKT_i diminue.

Tableau 4

Coefficients et erreur standard du modèle de régression au test NKT; les modèles incluent le 25% plus faible et 25% plus élevé de l'échantillon, sur le langage réceptif à l'entrée en prématernelle

Variable dépendante à la fin de la 1 ^{ère} année du primaire	Performance en mathématiques à la fin de la première année (NKT_{1p})		
	β (ES)	ΔF	I-C
<i>Variables indépendantes</i>			
25 % plus faible sur le langage réceptif			
<i>(EVIP_{idp})^a (n=103)</i>			
<i>Début de la prématernelle</i>			
Connaissance des nombres (NKT_{idp}) **	.272 (.17)	8.416***	[.238 ; .924]
Âge *	.186 (.75)	4.085*	[.238; 3.202]
<i>Période préscolaire^c</i>			
Progrès développemental de la connaissance des nombres (ΔNKT_i) ***	.509 (.05)	40.618***	[.231 ; .440]
$F(3)$		19.477***	
25 % plus élevé sur le langage réceptif			
<i>(EVIP_{idp})^b (n=110)</i>			
<i>Début de la prématernelle</i>			
Connaissance des nombres (NKT_{idp}) **	.259(.29)	5.436*	[.219 ; 1.353]
Âge	.113(.95)	1.443	[-.846; 2.885]
<i>Période préscolaire^c</i>			
Progrès développemental de la connaissance des nombres (ΔNKT_i) *	.193 (.09)	4.155*	[.005 ; .380]
$F(3)$		3.753*	
R^2	.209		

Note. ^a coupure à 13

^b coupure à 43

^c du début de la prématernelle à la fin de la maternelle

ES = erreur standard ; Δ = variation ; I-C = intervalle de confiance à 95%

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Discussion

Plusieurs études ont montré qu'il existe un risque élevé de retard cognitif chez les enfants issus de milieux défavorisés (Griffin & Case, 1996; Ramey & Ramey, 2004; Wasik et al., 2002; West, Denton, & Germino-Hausken, 2000). L'écart avec les enfants mieux préparés est identifiable dès le début de la préscolaire et a tendance à s'accroître avec le temps (Griffin & Case, 1997; Ramey & Ramey, 2004), plaçant ces enfants à risque d'échec scolaire. Cette étude cherche à faire avancer les connaissances dans le domaine de la prévention afin de favoriser la réussite scolaire chez les enfants à risque d'échec.

Les résultats de cette étude montrent qu'au-delà de l'influence du niveau de connaissance des nombres au début de la préscolaire, des compétences langagières et des facteurs sociodémographiques, le progrès relatif à la connaissance des nombres fait au cours de la période préscolaire permet de prédire de façon significative la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire.

Ce résultat est particulièrement intéressant pour plusieurs raisons. Tout d'abord, il montre qu'il est possible d'estimer le progrès nécessaire au cours de la période préscolaire pour atteindre le seuil de réussite à la fin de la première année du primaire. En effet, pour chaque augmentation d'un écart type au cours de la période préscolaire, les enfants devraient montrer une amélioration moyenne de 96% d'un écart type à la fin de la première année du primaire. Pour les enfants situés dans le quartile le plus faible (25 % plus faible de l'échantillon), l'amélioration prévue devrait être de 133 % d'écart type. Ainsi, chez un enfant à risque d'échec, une intervention faite au préscolaire et portant sur la connaissance des nombres pourrait augmenter ses chances de réussite scolaire.

Dans cet ordre d'idées, on note un effet gradué quant à l'importance du progrès relatif à la connaissance des nombres dans la prédiction de la réussite en première année. En effet, le pouvoir prédictif du progrès augmente à mesure que le niveau de connaissance en prématernelle diminue. Cette information pourrait indiquer qu'un programme de prévention quant aux connaissances au préscolaire ne serait bénéfique que pour les enfants moins préparés, permettant ainsi de cibler une population à risque. Dans ce sens, Ramey et Ramey (2004) soutiennent que les enfants les plus à risque sont également ceux qui bénéficient davantage d'une intervention en bas âge. La période préscolaire pourrait ainsi devenir un milieu privilégié pour acquérir les connaissances et les compétences nécessaires pour la réussite en mathématiques.

Troisièmement, peu d'études portant sur la prédiction de la réussite en mathématiques ont opté pour le contrôle des compétences langagières. Puisqu'il nous a semblé important de mesurer l'influence de celles-ci sur le développement des mathématiques, nous avons choisi de leur porter une attention particulière en les contrôlant dès le début de la prématernelle et au cours de la période préscolaire. Les résultats indiquent que l'effet du langage réceptif sur le développement des mathématiques est très important mais limité au début de la prématernelle, perdant toute influence sur la performance en mathématiques à la fin de la première année du primaire. Une explication possible est que la mesure ponctuelle prise au début de la prématernelle ne donnerait qu'un aperçu des capacités des enfants et non de leur potentiel d'apprentissage. Effectivement, les enfants ne débutent pas tous au même âge, ils n'ont pas tous le même niveau de développement et ils ne maîtrisent pas tous nécessairement la langue officielle d'enseignement. Par conséquent, la mesure de changement utilisée dans cette étude fournit une caractérisation plus juste de la capacité

d'apprentissage des enfants présentant un résultat moins favorable au début de la prématernelle, associé certainement à leur bagage contextuel.

Variables non significatives

Hormis l'âge des enfants, les facteurs sociodémographiques présents dans cette étude ne sont à aucun moment significatifs pour la prédiction du niveau de connaissances des nombres au début de la prématernelle, ni de la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire.

Variables omises et limites

Des variables omises dans cette étude auraient pu permettre de mieux préciser le pouvoir prédictif du progrès dans la connaissance des nombres. Jordan, Kaplan, Olàh et Locuniak (2006) ont conclu que l'écart quant au niveau de connaissances des nombres en maternelle proviendrait de l'éducation informelle que ces enfants reçoivent à l'extérieur de l'école. La fréquentation d'un service de garde et le niveau d'éducation informelle reçue à l'extérieur de l'école, par exemple dans l'environnement familial, auraient donc été des variables intéressantes à inclure dans le modèle.

Par ailleurs, certaines limites peuvent être signalées. En premier lieu, il aurait été intéressant d'avoir une deuxième mesure de rendement à la fin de la première année. En effet, puisque les mesures portant sur les nombres et les connaissances mathématiques ont été obtenues à l'aide du *Number Knowledge Test* (NKT, Okamoto & Case, 1996), une mesure d'évaluation de l'enseignant aurait pu servir de comparaison pour les résultats de cette étude. En second lieu, il aurait été intéressant d'avoir une mesure de rendement plus tard dans le cheminement scolaire, par exemple, en troisième année du primaire. Notre choix a porté sur la première année du primaire, car la transition du

préscolaire vers la première année est décisive dans le cheminement scolaire futur (Entwisle & Alexander, 1993; Pagani et al., 2001).

Importance de cette étude

L'importance de cette étude tient à la méthode d'analyse développée par Duncan et ses collaborateurs (Duncan et al., 1994; Duncan, Dowsett, Claessens, Magnuson, Huston, Klebanov et al, soumis; Duncan et al., 1998), permettant de construire de prédiction de la réussite en mathématiques à partir des connaissances des nombres au préscolaire. Ainsi, il est possible d'estimer le progrès que devrait faire un enfant au cours de la période préscolaire pour augmenter ses chances de future réussite scolaire.

Conclusion

Cette étude a permis d'établir que le progrès relatif à la connaissance des nombres fait entre le début de la prématernelle et la fin de la maternelle, prédit de façon significative les réalisations en mathématiques à la fin de la première année du primaire. Bien que d'autres variables pourraient exercer une certaine influence sur l'apprentissage des mathématiques, cette étude a permis d'établir un lien solide entre les apprentissages du préscolaire à ceux de première année du primaire.

Dans cet ordre d'idées, ce résultat pourrait permettre d'établir un seuil minimum de connaissances à acquérir, susceptible de favoriser la réussite en mathématiques, et aussi de déterminer le progrès à accomplir pour que les enfants moins préparés au départ puissent atteindre le niveau des enfants mieux préparés. Un tel résultat pourrait permettre aux intervenants d'identifier rapidement les enfants qui présentent un retard et d'agir auprès d'eux. Les concepteurs et les évaluateurs de programmes de prévention y trouveraient un outil concret d'estimation des effets potentiels de tels programmes. Quant aux décideurs politiques, ils s'y appuieraient pour établir un rapport coûts-

bénéfices rentable et des paramètres concrets dans l'implantation, l'évaluation et le financement des programmes de prévention.

Les résultats de cette étude ont soulevé certaines questions qui pourraient être abordées dans de futures recherches afin d'améliorer les programmes de prévention de l'échec en mathématiques et d'intervention lorsqu'il survient. Tout d'abord, il serait intéressant de vérifier si la relation entre les progrès au préscolaire en matière de nombres et la réussite en mathématiques se maintient au cours des années scolaires ultérieures. Deuxièmement, il serait intéressant d'étudier des enfants provenant de tous les milieux socioéconomiques afin d'avoir un aperçu global du potentiel des progrès réalisés dans la période préscolaire. Enfin, il serait intéressant de reprendre cette étude en incluant des questionnaires dans la langue maternelle des participants afin d'éliminer l'obstacle linguistique.

Références

- Alexander, K.L., & Entwistle, D.R. (1993). First-grade classroom behavior: Its short – and long – term consequences for school performance. *Child development*, 64(3), 801-804.
- Alexander, K.L., & Entwistle, D.R. (1996). Schools and children at risk. Dans A. Booth, & J. F. Dunn (Éds.), *Family-School Links* (pp. 67-88). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Alexander, K. L., Entwistle, D. R., & Dauber, S. L. (2003). *On the success of failure: A reassessment of the effects of retention in the Primary Grades* (2e Éd.). New York: Cambridge University Press.
- Brooks-Gunn, J., Klebanov, P. K., & Liaw, F. (1995). The learning, physical, and emotional environment in the home in the context of poverty: The Infant Health and Development Program. *Children and Youth Services Review*, 17 (1/2), 251-276.
- Canadian Test Center (2005). *Canadian Achievement Tests* (3e Éd.). Markham, ON : Canadian Test Centre, Educational Assessment Services.
- Card, D. (1999). The causal effect of education on earnings. Dans O. Ashenfelter, & D. Card (Éds.), *Handbook of Labor Economics*, 3A, 1801-1863.
- Case, R. (1975). Social class differences in intellectual development: A neo-piagetian investigation. *Canadian Journal of Behavior Science*, 7, 244-261.
- Case, R. (1996). Reconceptualizing the nature of children's conceptual structures and their development in middle childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 61(1-2), 1-26.

- Cosden, M., Zimmer, J., & Tuss, P. (1993). The impact of age, sex, and ethnicity on kindergarten entry and retention decisions. *Educational Evaluation and Policy Analysis, 15*(2), 209-222.
- Dearing, E., McCartney, K., & Taylor, B. (2001). Change in Family Income-to-Needs Matters More for Children with Less. *Child Development, 72*(6), 1779-1793.
- DeCivita, M., Pagani, L. S., Vitaro, F., & Tremblay, R. E. (2004). The role of maternal educational aspirations in mediating the risk of income source on academic failure in children from persistently poor families. *Children and Youth Services Review, 26*(8), 749-769.
- Driessen, G. W. J. M. (1997). Prereading and pre-arithmetic instruction in infant education in the Netherlands: A multilevel analyses approach. *Early Child Development and Care, 134*, 1-21.
- Duncan, G. J., Brooks-Gunn, J., & Klebanov, P. (1994). Economic deprivation and early childhood development. *Child Development, 65*(2), 296-318.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson K., Huston, A. C., Klebanov, P. et al. (soumis). *School Readiness and Later Achievement*.
- Duncan, G. J., Yeung, W. J., Brooks-Gunn, J., & Smith, J.R. (1998). How much does childhood poverty affects the life chances of children? *American Sociological Review, 63*(3), 406-423.
- Dunn, L. M., Thériault-Whalen, C. M., & Dunn, L. M. (1993). *Échelle de vocabulaire en images Peabody. Adaptation française du Peabody Picture Vocabulary test-revised. Manuel pour les formes A et B*. Toronto: Psycan.
- Entwisle, D. R., & Alexander, K. L. (1993). Entry to school: The beginning school transition and educational stratification in the United States. *Annual Review of Sociology, 19*, 401-423.

- Entwisle, D. R., & Alexander, K. L. (1995). A parent's economic shadow: Family structure versus family resources as influences on early school achievement. *Journal of Marriage and the Family*, 57(2), 399-409.
- Entwisle, D. R., & Alexander, K. L. (1996). Family type and children's growth in reading and math over the primary grades. *Journal of Marriage and the Family*, 58(2), 341-355.
- Entwisle, D. R., & Alexander, K. L. (1998). Facilitating the transition to first grade: The nature of transition and research on factors affecting it. *The Elementary School Journal*, 98(4), 351-364.
- Entwisle, D. R., & Alexander, K. L. (2000). Diversity in family structure: Effects of schooling. Dans D. H. Demo, K. Allen, & M. A. Fine (Éds.), *Handbook of Family Diversity* (pp. 316-337). New York: Oxford University Press.
- Entwisle, D. R., Alexander, K. L., & Olson, L. S. (2005). First grade and educational attainment by age 22: A new story. *American Journal of Sociology*, 110(5), 1458-1502.
- Fuson, K. C. (1988). *Children's Counting and Concepts of Number*. New York: Springer-Verlag.
- Geary, D. (1994). *Children's Mathematical Development: Research and Practical Applications*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Ginsburg, H., & Golbeck, S. (2004). Thoughts on the future of research on mathematics and science learning and education. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 190-200.
- Griffin, S., & Case, R. (1996). Evaluating the breadth and depth of training effects when central conceptual structures are taught. Dans R. Case, & Y. Okamoto (Éds.), *The*

role of central conceptual structures in the development of children's thought.

Monographs of the Society for Research in Child Development, 60, 83-102.

- Griffin, S., & Case, R. (1997). Re-thinking the primary school math curriculum: An Approach Based on Cognitive Science. *Issues in Education, 3*(1), 1-49.
- Griffin, S., Case, R., & Capodilupo, A. (1995). Teaching for understanding: The importance of the central conceptual structure in the elementary mathematics curriculum. Dans A. McKeough, J. Lupart, & A. Marini (Éds.), *Teaching for Transfer* (pp. 123-151). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Griffin, S., Case, R., & Sandieson, R. (1992). Synchrony and asynchrony in the acquisition of everyday mathematical knowledge: Towards a representational theory of children's intellectual growth. Dans R. Case (Éd.), *The Mind's Staircase: Exploring the Central Conceptual Underpinings of Children's Theory and Knowledge* (pp. 75-97). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Press.
- Griffin, S., Case, R., & Siegler, R. (1994). Rightstart: Providing the central conceptual prerequisites for first formal learning of arithmetic to students at risk for school failure. Dans K. McGilly (Éd.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 25-49). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Holloway, S. D., Rambaud, M. F., Fuller, B., & Eggers-Pierola, C. (1995). What is « appropriate practice » at home and in child care? Low-income mother's view on preparing their children for school. *Early Childhood Research Quarterly, 10*, 451-473.
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Oláh, L., & Locuniak, M. N. (2006). Number Sense Growth in Kindergarten: A longitudinal investigation of children at risk for mathematics difficulties. *Child Development, 77*(1), 153-175.

- Kokko, K., Bergman, L. R., & Pulkkinen, L. (2000) Child personality characteristics and selection into long-term unemployment in Finnish and Swedish longitudinal samples. *International Journal of Behavioral Development, 27*(2), 134-144.
- McCulloch, A., & Joshi, H. (2001). Neighbourhood and family influences on the cognitive ability of children in the British National Child Development Study. *Social Science and Medicine, 53*, 579-591.
- McLoyd, V. C. (1998). Socioeconomic disadvantage and child development. *American Psychologist, 53*, 185-204.
- National Assessment of Educational Progress. (2004). *Mathematics framework for the 2005 national assessment of educational progress*. Washington, D.C. : U.S. Department of education.
- Natriello, G., McDill, E. L., & Pallas, A. M. (1990). *Schooling Disadvantage Students: Racing Against Catastrophe*. New York: Teachers College Press.
- Okamoto, Y., & Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structures in the domain of number. Dans R. Case, & Y. Okamoto (Éds.), *The role of central conceptual structures in the development of children's thought. Monographs of the Society for Research in Child Development, 60*, 27-58.
- Pagani, L. S., Boulerice, B., & Tremblay, R. E. (1997). The influence of poverty on children's classroom placement and behavior problems during elementary school: A change model approach. Dans G. Duncan, & J. Brooks-Gunn (Éds.), *Consequences of Growing Up Poor* (pp.311-399), New York: Sage
- Pagani, L. S., Boulerice, B., Tremblay, R. E., & Vitaro, F. (1999). Effects of poverty on academic failure and delinquency in boys: A change and process model approach. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 40*, 1209-1219.

- Pagani, L. S., Jalbert, J., Lapointe, P., Hébert, M., & Tremblay, E. R. (2006). Effects of junior kindergarten on emerging literacy in children from low-income and linguistic minority families. *Early Childhood Educational Journal*.
- Pagani, L. S., Tremblay, R. E., Vitaro, F., Boulerice, B., & McDuff, P. (2001). Effects of grade retention on academic performance and behavioral development. *Development and Psychopathology*, *13*, 297-315.
- Piotrkowski, C. S., Botsko, M., & Matthews, E. (2000). Parents' and teachers' beliefs about children's school readiness in a high-need community. *Early Childhood Research Quarterly*, *15*(4), 537-558.
- Ramey, C., & Ramey, S. (2004). Early Learning and School Readiness: Can Early Intervention Make a Difference? *Merrill-Palmer Quarterly*, *50*(4), 471-491.
- Resnick, L. B. (1989). Developing mathematical knowledge. *American Psychologist*, *44*, 162-169.
- Rodgers, J. R. (1995). An empirical study of intergenerational transmission of poverty in the United-States. *Social Science Quarterly*, *76*, 178-194.
- Saint-Laurent, L. (2001). Les programmes de prévention de l'échec scolaire des développements prometteurs. Dans F. Vitaro, & C. Gagnon (Éds.), *Prévention des problèmes d'adaptation chez les enfants et les adolescents: tome II problèmes externalisés* (pp.336-378). Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Saxe, G. B., Guberman, S. R., Gearhart, M., Gelman, R., Massey, C. M., & Rogoff, B. (1987). Social processes in early number development. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, *52*(2).
- Spelke, E. S. (1988). Where perceiving ends and thinking begins: The apprehension of objects in infancy. Dans A. Yonas (Éd.), *Perceptual Development in Infancy* (pp. 197-234). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

- Starkey, P., & Klein, A. (2000). Fostering parental support for children's mathematical development: an intervention with Head Start families. *Early Education and Development, 11*(5), 659-680.
- Starkey, P., Klein, A., & Wakeley, A. (2004). Enhancing young children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics intervention. *Early Childhood Research Quarterly, 19*(1), 99-104.
- Starkey, P., Spelke, E. S., & Gelman, R. (1991). Toward a comparative psychology of number. *Cognition, 39*(2), 171-172.
- Tyler, J. H., Murnane, R. J. & Willet, J. B. (2000). Do the cognitive skills of school dropouts matter in the labour market? *Journal of Human Resources, 35*(4), 748-754.
- Unicef. (2001). *The State of the World's Children*. New York: Unicef.
- Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*. L. Beranek, R. Jakobson, & W. Locke (Éds.), Studies in communication.
- Wasik, B., Bond, M., & Hindman, A. (2002). Educating preschool and kindergarten children at risk. Dans S. Stringfield, & D. Land (Éds.), *Educating At-Risk Students*. (pp. 89-110) Chicago: NSSE.
- West, J., Denton, K., & Germino-Hausken, E. (2000). *America's kindergartens: Finding from the Early Childhood Longitudinal Study, Kindergarten Class of 1999-99, Fall 1998*. Washington, DC: U.S. Department of Education, National Center for Educational Statistics.

Conclusion

La réussite de la première année du primaire constitue une étape cruciale dans le cheminement scolaire d'un enfant. Cette réussite augmente les chances d'obtenir un diplôme d'études et d'occuper un emploi à 22 ans (Entwisle, Alexander, & Dauber, 2005; Vitaro, Brendgen, Larose, & Tremblay, 2005). En revanche, un échec scolaire advenant tôt dans le cheminement scolaire d'un enfant entraîne des conséquences plus préjudiciables et durables qu'au cours des années suivantes (Pagani et al., 2001). À moyen et long terme, il y aurait plus de risque de décrochage scolaire, plus de risque d'être sans emploi (Kokko, Pulkkinen, & Puustinen, 2000) et d'avoir une situation économique plus précaire (Tyler, Murnane, & Willett, 2000).

Cette étude contribue à l'avancement des connaissances en examinant les conditions de réussite chez les enfants à risque d'échec scolaire. Ses résultats montrent qu'il est possible d'estimer le niveau de progrès nécessaire au préscolaire pour augmenter les chances de réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire. Étant donné que le modèle d'analyse utilisé s'applique notamment aux études portant sur la réussite scolaire, nous le présenterons en détail.

Modèle de changement

Duncan et ses collaborateurs (Duncan, Brooks-Gunn, & Klebanov, 1994; Duncan, Dowsett, Claessens, Magnuson, Huston, Klebanov et al, soumis; Duncan, Yeung, Brooks-Gunn, & Smith, 1998) ont développé un modèle de changement dans le but d'offrir une alternative aux études expérimentales, plus coûteuses et plus longues à réaliser. Les principaux arguments portent sur la difficulté pour ces études d'établir des liens de causalité, étant donné la quantité importante d'éléments à considérer (technique d'échantillonnage, répartition aléatoire, équivalence des groupes, etc.). Le but des études

expérimentales est de comparer les deux conditions, c'est-à-dire expérimentale (intervention) et contrôle (sans intervention), afin que, dans des conditions similaires, la différence quant aux résultats soit attribuable à l'intervention effectuée. Idéalement, un même individu devrait être étudié dans les deux conditions afin d'attribuer sans équivoque les effets à l'intervention effectuée. Dans cette optique, le modèle de changement cherche, sous certaines conditions, à surmonter cette difficulté en proposant la simulation d'une intervention dans le but de construire un modèle de prédiction.

Conditions d'application du modèle de changement

Pour appliquer ce modèle, trois conditions doivent être respectées. Tout d'abord, il devrait s'appliquer dans un domaine d'études portant sur le développement de l'individu. Puisque le rendement scolaire dépend essentiellement des compétences cognitives (Case, 1975; Cosden, Zimmer, & Tuss, 1993; Duncan, Brooks-Gunn, & Klebanov, 1994; Entwisle & Alexander, 1996; Griffin, Case, & Siegler, 1994; Rosenkoetter, 2001) et que les trajectoires de rendement sont relativement stables au cours du cheminement scolaire (Alexander, Entwisle, & Dauber, 2003), cette mesure est considérée comme étant continue dans la vie d'un enfant. Ce modèle est donc particulièrement intéressant pour ce domaine d'études.

Deuxièmement, ce modèle de changement devrait se fonder sur une base théorique solide. En d'autres termes, la liste des facteurs qui pourraient avoir une influence sur la variable étudiée devrait être exhaustive, ce qui permettrait de contrôler leur effet et l'effet de leur interaction. Ceci, afin d'isoler l'impact de la variable à valeur prédictive. Enfin, les effets linéaires doivent être examinés afin de déceler la présence d'un sous-groupe pouvant se comporter de façon différente et pouvant fausser les résultats obtenus.

Essentiellement, l'objectif du modèle de changement est de construire un modèle de prédiction à partir du changement opéré au cours d'une période de temps définie et antérieure au phénomène étudié. Dans le cas présent, le modèle de prédiction vise la réussite en mathématiques à la fin de la première année du primaire à partir des changements relatifs à la connaissance des nombres survenus entre le début de la prématernelle et la fin de la maternelle. Afin de saisir la particularité de ce modèle, nous présenterons deux types d'études, la première avec deux temps de mesure et la deuxième, avec trois temps de mesure.

Étude avec deux temps de mesure

Supposons que parmi les facteurs pouvant avoir une influence sur le rendement en mathématiques à la fin de la première année, seule la connaissance des nombres au début de la maternelle montre une influence significative. On pourrait alors supposer que le degré de connaissance des nombres en maternelle permet de prédire partiellement le rendement en mathématiques à la fin de la première année du primaire. À cette étape, une relation significative est établie entre les deux variables.

Modèle de changement : Étude avec trois temps de mesure

Le modèle de changement utilise le même raisonnement que dans l'exemple précédent mais rajoute un temps de mesure. Dans le cas de cette étude, nous utilisons trois temps de mesure : au début de la prématernelle, à la fin de la maternelle et à la fin de la première année. Le score de changement correspond à la différence de score entre le début de la prématernelle et la fin de la maternelle. Supposons qu'un enfant ne montre aucune variation au cours de la période préscolaire. La relation que l'on obtient serait la même que dans l'exemple précédant. Dans ce cas, le score de changement serait nul et la mesure prise au début de la prématernelle ne serait pas nécessaire.

Cependant, s'il existe un changement au cours de la période préscolaire, la relation entre les variables se modifie. En effet, supposons la présence d'une augmentation d'un écart type au cours de la période préscolaire; nous pouvons alors comparer deux conditions pour un même enfant. On peut, d'une part, comparer l'enfant avec lui-même, dans la condition où il y a changement et, d'autre part, dans la condition où l'on suppose que l'enfant ne montre aucun changement. Considérant ces deux conditions, on pourrait assimiler la première à la situation expérimentale, c'est-à-dire à une simulation d'intervention, et la seconde à la situation de contrôle, c'est-à-dire à une absence d'intervention. Comme dans cette étude, la variable prédictive (progrès dans la connaissance des nombres au préscolaire) est la seule qui a une influence significative sur la variable dépendante (rendement en mathématiques à la fin de la première année du primaire). Dans cette perspective, l'impact d'un programme d'intervention peut être simulé.

Par ailleurs, afin de pouvoir comparer les participants entre eux, il devient nécessaire de contrôler le niveau de base de la variable prédictive pour chaque sujet. En effet, puisque les enfants entament la prématernelle avec des niveaux de connaissances différents, il faut les situer statistiquement sur la même ligne de départ. Dans cet exemple, il nous a fallu contrôler le niveau de connaissance des nombres à l'entrée de la prématernelle (NKT_{idp}).

Estimation de changement attendu

Ce modèle de changement permet également d'estimer la quantité de changement nécessaire pour atteindre un niveau déterminé de la variable critère. Dans cette étude, nous avons établi que pour chaque augmentation d'un écart type du progrès fait au cours de la période préscolaire, un enfant devrait montrer une amélioration de

96% d'écart type au rendement en mathématiques à la fin de la première année. De même, pour le quartile plus faible de notre échantillon, un enfant devrait montrer une amélioration de 133% d'écart type alors qu'il serait de 55% pour un enfant du quartile plus élevé.

Étape préliminaire à l'implantation de programme

Ce modèle de changement pourrait devenir une étape préliminaire à l'implantation d'un programme d'intervention. En effet, il pourrait permettre d'évaluer la pertinence de l'implantation d'un programme d'intervention, en estimant le degré d'impact que le programme devrait avoir sur les participants. Une telle estimation permettrait d'évaluer si les changements attendus sont réalisables dans un temps déterminé. Ceci rendrait possible la mise en place de programmes qui favorisent la réussite scolaire, basés sur des attentes réalistes et réalisables. Ce modèle permettrait en outre de déterminer l'intensité et le dosage nécessaire pour chaque enfant, en fonction de ses caractéristiques initiales.

Somme toute, le modèle de changement proposé par Duncan et ses collaborateurs (Duncan et al., 1994; Duncan et al., soumis; Duncan et al., 1998) permettrait de canaliser les efforts et les ressources vers des programmes qui, théoriquement, auraient l'impact escompté. Puisque la réussite scolaire est un enjeu important dans la société actuelle, ce modèle de changement en est peut-être la clé.

Références

Sections Introduction et Conclusion

- Alexander, K. L., Entwisle, D. R., & Dauber, S. L. (2003). *On the success of failure: A reassessment of the effects of retention in the Primary Grades* (2e Éd.). New York: Cambridge University Press.
- Arnold, D. H., Fisher, P., Doctoroff, G., & Dobbs, J. (2002). Accelerating math development in Head Start classrooms. *Journal of Educational Psychology, 94*, 762-770.
- Bermejo, V. (1996). Cardinality development and counting. *Developmental Psychology, 32*, 263-268.
- Brooks-Gunn, J., Klebanov, P. K., & Liaw, F. (1995). The learning, physical, and emotional environment in the home in the context of poverty: The Infant Health and Development Program. *Children and Youth Services Review, 17* (1/2), 251-276.
- Case, R. (1975). Social class differences in intellectual development: A neo-Piagetian investigation. *Canadian Journal of Behavior Science, 7*, 244-261.
- Case, R. (1996). Reconceptualizing the nature of children's conceptual structures and their development in middle childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 61*(1-2), 1-26.
- Casey, B., Kersh, J. E., & Mercer Young, J. (2004). Storytelling sagas: An effective medium for teaching early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly, 19*(1), 167-172.
- Cosden, M., Zimmer, J., & Tuss, P. (1993). The impact of age, sex, and ethnicity on kindergarten entry and retention decisions. *Educational Evaluation and Policy Analysis, 15*(2), 209-222.

- Griffin, S. (2004). Building Number Sense with Number Worlds: a mathematics program for young children. *Early Childhood Research Quarterly, 19*(1), 173-180.
- Griffin, S., & Case, R. (1996). Evaluating the breath and depth of training effects when central conceptual structures are taught. Dans R. Case & Y. Okamoto (Éds.), *The role of central conceptual structures in the development of children's thought. Monographs of the Society for Research in Child Development, 60*, 83-102.
- Griffin, S., & Case, R. (1997). Re-thinking the primary school math curriculum: An approach based on cognitive science. *Issues in Education, 3*(1), 1-49.
- Griffin, S., Case, R., & Siegler, R. (1994). Rightstart: Providing the central conceptual prerequisites for first formal learning of arithmetic to students at risk for school failure. Dans K. McGilly (Éd.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 25-49). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Jalbert, J., & Pagani, L. S. (2005). La composante parentale d'un programme d'éveil aux mathématiques destiné aux enfants de milieu socioéconomique faible au cours de la prématernelle représente-t-elle une valeur ajoutée? *Revue de psychoéducation, 34*(2), 301-329.
- Karweit, N. (1994). Can preschool alone prevent early learning failure? Dans R. Slavin, N. L. Karweit, & B. A. Wasik, (Éds.), *Preventing Early School Failure: Research, Policy and Practice* (pp. 58-77). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Okamoto, Y., & Case, R. (1996). Exploring the microstructure of children's central conceptual structures in the domain of number. Dans R. Case & Y. Okamoto (Éds.), *The role of central conceptual structures in the development of children's thought. Monographs of the Society for Research in Child Development, 60*, 27-58.

- Pagani, L. S., Larocque, D., Tremblay, R. E., & Lapointe, P. (2006). The impact of junior kindergarten on math skills in elementary school children. *Canadian Journal of School Psychology*.
- Phillips, V. J., Leonard, W. H., Horton, R. M., Wright, R. J., & Stafford, A. K. (2003). Can Math Recovery Save Children before They Fail? *Teaching Children Mathematics*, 10(2), 103-111.
- Ramey, C., & Ramey, S. (2004). Early Learning and School Readiness: Can Early Intervention Make a Difference? *Merrill-Palmer Quarterly*, 50(4), 471-491.
- Rosenkoetter, S. E. (2001). Lessons for preschool language socialization from the vantage point of the first day of kindergarten. *Early Education and Development*, 12, 325-342.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2004). Building Blocks for early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 181-189.
- Shaffer, D. (1999). *Developmental Psychology : Childhood and Adolescence*. University of Georgia.
- Sophian, C. (2004). Mathematics for the future: developing a Head Start curriculum to support mathematics learning. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 59-81.
- Starkey, P., & Klein, A. (2000). Fostering parental support for children's mathematical development : an intervention with Head Start families. *Early Education and Development*, 11(5), 659-680.
- Starkey, P., Klein, A., & Wakeley, A. (2004). Enhancing young children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics intervention. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 99-104.

- Van de Rijt, B., & Van Luit, J. (1998). Effectiveness of the Additional Early Mathematics program for teaching children early mathematics. *Instructional Science*, 26, 337-358.
- Vygotsky, L. (1962). *Thought and Language*. L. Beranek, R. Jakobson et W. Locke (Éds.), Studies in communication.
- Vygotsky, L. S. (1978). Interaction between learning and development. Dans M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman (Éds.), *Mind in Society: The development of higher psychological processes* (pp. 79-91). London: Harvard. (Oeuvre originale publiée en 1935).
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 27, 749 – 750.

