

Performances moyennes des enfants franco-qubécois de 8-9 ans au test mathématique Zareki-R

Anne LAFAY ^{*}, Marie-Catherine SAINT-PIERRE ^{**}, Joël MACOIR ^{***}

* finissante au doctorat médecine expérimentale

Université Laval, Faculté de médecine, Département de réadaptation, 2325, rue de l'Université, Québec G1V 0A6, Canada et Centre de Recherche de l'Institut Universitaire en Santé Mentale de Québec, 2601 Chemin de la Canardière, Québec, QC G1J 2G3, Canada

** orthophoniste et professeure titulaire

Université Laval, Faculté de médecine, Département de réadaptation, 2325, rue de l'Université, Québec G1V 0A6, Canada et Centre Interdisciplinaire de Recherche en Réadaptation et Intégration Sociale, 525, boul. Hamel, Québec G1M 2S8, Canada

*** orthophoniste et professeur titulaire

Université Laval, Faculté de médecine, Département de réadaptation, 2325, rue de l'Université, Québec G1V 0A6, Canada et Centre de Recherche de l'Institut Universitaire en Santé Mentale de Québec, 2601 Chemin de la Canardière, Québec, QC G1J 2G3, Canada

Auteur de correspondance : Anne Lafay, Université Laval
anne.lafay.1@ulaval.ca

Résumé :

Le Zareki-R est un outil d'évaluation des habiletés de traitement du nombre et du calcul, composé de onze sous-tests mathématiques (ex. calcul, résolution de problèmes, etc.). Cette étude s'inscrit dans une démarche de normalisation franco-québécoise et a pour objectif d'établir un premier étalonnage pour cet outil chez une population d'enfants franco-québécois de 8-9 ans. Des enfants unilingues francophones âgés de 8-9 ans et scolarisés en 3^{ème} année de primaire ont été évalués avec le Zareki-R (n=81). Les données collectées montrent que, s'il en existe une, l'influence du genre, de l'âge, de la latéralité et du niveau socio-économique sur les performances mathématiques est faible. De plus, les enfants québécois obtiennent des performances supérieures à celles des enfants français du même âge de l'échantillon d'étalonnage du Zareki-R. Enfin, cette étude permet d'identifier 6.2 % d'enfants québécois en difficulté mathématique. Le développement de normes spécifiques aux enfants franco-québécois sera très utile pour l'évaluation mathématique et l'identification des enfants en difficulté.

Mots clés : données normatives, mathématiques, enfant, dyscalculie.

Mean performances of 8-9-year-old Quebec-French children on the mathematical test Zareki-R

Summary:

The Zareki-R test is an assessment tool of number processing and calculation skills, comprising eleven mathematic subtests (ex., counting, calculation, problem resolution, etc.). The aim of this study is to establish first normative data for this test in the 8-9-year-old Quebec-French population. Children, 8-9-year-old and schooled in 3rd year of primary school were administered the Zareki-R test (n = 81). Data show that, if any, the influence of gender, age, laterality, and socioeconomic level do on mathematical performances of children is low. Furthermore, Quebec children get better performance than French children of the same age from the normative sample of the Zareki-R. Finally, this study allows identifying 6.2 % of Quebec children with mathematic difficulties. The development of culture-specific norms for the French-Quebec children population will be very useful for the assessment of mathematical skills and the identification of children with mathematical difficulty.

Key words: normative data, mathematic, child, dyscalculia.

----- INTRODUCTION -----

D'après la définition du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-V, 2013), la dyscalculie est définie comme un trouble du développement mathématique. Le niveau de performance de l'enfant dyscalculique, évalué par des tests standardisés de calcul, est significativement inférieur au niveau attendu pour son âge. Afin d'objectiver les difficultés scolaires mathématiques rencontrées par l'enfant dyscalculique, l'évaluation mathématique doit donc s'appuyer sur la passation de tests validés et standardisés. Cependant, alors que les études démontrent une prévalence de la dyscalculie (1 à 10%) (Badian, 1999 ; Barbaresi, Katusic, Colligan, Weaver & Jacobsen, 2005 ; Devine, Soltész, Nobes, Goswami & Szűcs, 2013 ; Dirks, Spyer, van Lieshout & de Sonnevile, 2008), très peu d'enfants sont dépistés puis diagnostiqués au Québec. Les professionnels déplorent souvent le manque d'outils, et qui plus est, le manque d'outils normalisés pour une population d'enfants francophones québécois (Lafay, St-Pierre & Macoir, 2014). Ceci contribue fortement à cette situation de « sous-identification » des enfants à risque de présenter une dyscalculie. L'objectif de la présente étude est de normaliser le test Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006), destiné au diagnostic des troubles du traitement des nombres et du calcul, afin de le rendre utilisable par les professionnels québécois. De manière plus précise, l'étude vise à explorer les habiletés mathématiques des enfants âgés de 8-9 ans et scolarisés en 3^{ème} année dans le but ultime d'établir les premières données normatives pour cette population. Les enfants de 8 à 9 ans sont à un âge *charnière* pour le développement mathématique et pour le diagnostic de la dyscalculie. D'après le document "Progression des apprentissages mathématiques au primaire" du Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport (MELS, 2009), les 1^{ère} et 2^{ème} années de primaire (cycle 1) sont dédiées aux apprentissages de base sur les nombres naturels jusqu'à 100. Si ces apprentissages sont imparfaits ou déficients, il est donc fortement probable que des difficultés importantes apparaissent dès le début du cycle 2 du primaire, où se concentrent davantage les apprentissages de perfectionnement avec les nombres de plus grande magnitude. Cette période cruciale a donc été spécifiquement sélectionnée pour l'établissement des premières données normatives pour le Zareki-R adaptées à la population franco-québécoise. Le Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006), adaptation française de la batterie ZAREKI (Neuropsychologische Testbatterie für ZAhlenarbeit und REchnen bei KIndern, Von Aster, 2001), est une batterie d'évaluation du traitement des nombres et du calcul destinée à l'enfant âgé entre 6 et 11 ans. Le choix du Zareki-R pour la démarche de normalisation en franco-québécois est justifié par plusieurs raisons.

Sur le plan conceptuel, les épreuves du Zareki-R sont directement inspirées de celles qui composent la batterie EC 301, destinée à l'évaluation du calcul et du traitement des nombres chez l'adulte (Deloche & Seron, 1991). Cette batterie est basée sur le modèle modulaire d'architecture fonctionnelle des activités numériques (McCloskey, Caramazza, & Basili, 1985) selon lequel les troubles mathématiques peuvent spécifiquement affecter la production des nombres, la compréhension des nombres, le calcul ou les aspects sémantiques du nombre. Sur le plan clinique, le Zareki-R permet d'obtenir un profil mathématique global de l'enfant. En effet, il couvre un large éventail d'activités mathématiques (onze tâches mathématiques telles que « calcul », « résolution de problèmes présentés oralement ») et permet donc au professionnel d'obtenir un profil global de l'enfant afin de caractériser au mieux ses difficultés. De plus, le Zareki-R est reconnu internationalement, existe dans plusieurs langues et est ainsi utilisé dans plusieurs pays. Il existe la version allemande ZAREKI (Von Aster, 2001), la version française Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006), ainsi que la version NUCALC en Allemand, Français, Portugais et Grec, adaptée et sensiblement identique au Zareki-R (une épreuve en plus et quelques items en moins dans chacun des sous-tests). Dans

une étude transculturelle (Dellatolas, Von Aster, Willadino-Brago, Meier & Deloche, 2000), quatre cent soixante enfants de 7 à 10 ans, du Brésil, de la France et de la Suisse, ont été évalués à l'aide de l'outil NUCALC. Les résultats montrent que cet outil permet d'identifier les forces et faiblesses dans divers domaines mathématiques et de cibler les enfants en difficulté. En effet, les résultats montrent que le NUCALC est assez sensible pour mettre en évidence un effet d'âge dans chaque sous-test (sauf en dénombrement) entre les âges 7-8 ans, 8-9 ans, et 9-10 ans, de même qu'un effet de groupe entre les enfants du Brésil, de la France et de la Suisse. De même, deux cent quarante enfants grecs de 7 à 11 ans ont été évalués avec l'outil NUCALC (Koumoula et al., 2004) qui a permis d'identifier 6.3 % d'enfants grecs en difficulté mathématique, pourcentage qui semble cohérent avec les études épidémiologiques antérieures.

Sur le plan psychométrique, la validité du Zareki-R a été démontrée de diverses manières. Dans le cadre de l'étude de normalisation du test pour les enfants français, les auteurs ont également effectué une étude de validité en comparant le jugement des enseignants quant aux habiletés mathématiques des enfants évalués avec leur performance effective aux diverses tâches du Zareki-R. Les enfants jugés « très bons » et « bons » par les enseignants ont été comparés à ceux ayant obtenu une appréciation les qualifiant de « moyens » ou d'« insuffisants », et les résultats montrent que ces deux groupes diffèrent significativement quant à la note totale ainsi qu'à la grande majorité des sous-tests du Zareki-R. Les auteurs ont ainsi montré que le Zareki-R permettait de mettre en évidence et d'objectiver les difficultés que les enseignants observaient chez leurs élèves, attestant ainsi de sa validité convergente. De plus, les résultats de ces mêmes enfants au Test d'Acquisition Scolaire (TAS, Riquier, 1997), test de rendement scolaire basé sur les programmes scolaires français de l'époque, sont significativement et positivement corrélés à la note totale au Zareki-R, établissant ainsi sa validité convergente. À l'aide d'une version portugaise du test, dos Santos et al. (2012) ont également montré que la performance de cent soixante douze enfants brésiliens de 7 à 12 ans au Zareki-R est corrélée significativement et positivement au sous-test Arithmétique du WISC 3 (Wechsler, 1991). Le Zareki-R est donc un outil élaboré sur des bases conceptuelles reconnues, il est validé sur le plan psychométrique et largement utilisé en clinique. Il n'existe cependant aucune donnée normative pour la population franco-québécoise et les professionnels utilisent donc actuellement, à titre indicatif, les données normatives établies en France.

Pourtant, des différences importantes entre les performances mathématiques d'enfants issus de pays distincts ont été mises en évidence à plusieurs reprises (Dellatolas et al., 2000 ; Koumoula et al., 2004). Ces différences inter-pays peuvent être expliquées par plusieurs facteurs tels que la langue, et en particulier la transparence du système de numération orale vis-à-vis du système de numération arabe, ou des facteurs culturels tels que le système scolaire (différences qualitatives et quantitatives d'enseignement) (LeFevre, Clarke & Stringer, 2002). À cet égard, il existe des différences entre la France et le Québec. Par exemple, les enfants français commencent l'école à 3 ans en Petite Section de Maternelle, alors que les petits québécois ne commencent l'école qu'à 5 ans en Maternelle, période pourtant primordiale pour le développement des habiletés mathématiques de base. Inversement, la période de l'enseignement primaire ne dure que cinq ans en France alors qu'elle est de six ans au Québec. Si les contenus peuvent être identiques, la répartition dans le temps est cependant différente.

Outre des facteurs éducationnels pouvant influencer un développement mathématique différent chez les enfants français et les enfants québécois, les données françaises de normalisation du Zareki-R comportent trois importantes limites. Premièrement, la moitié des enfants de l'échantillon de normalisation était scolarisée dans des Zones d'Éducation

Prioritaire dans lesquelles le niveau socio-économique est souvent très faible, un facteur dont l'influence sur la réussite mathématique est reconnue (Jordan, Huttenlocher & Levine, 1992 ; Jordan, Levine & Huttenlocher, 1994 ; Koumoula et al., 2004). Cependant, le nombre d'écoles situées dans ces réseaux représente environ 1,7% de toutes les écoles françaises selon le Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche (Moisan, 2014 ; <http://www.education.gouv.fr>) et cet échantillon de normalisation du Zareki-R n'est donc pas représentatif de la population générale. La deuxième limite concerne le fait que la langue d'usage à la maison n'est pas le français pour un tiers des enfants de l'échantillon, mais aucune distinction n'a été faite selon le nombre de langues auxquelles l'enfant est exposé et aucun contrôle du niveau de langage ne semble avoir été réalisé. Pourtant, le lien entre langue et réussite mathématique est bien connu de la communauté scientifique (voir Cankaya, LeFevre & Sowinski (2012) pour une revue sur le sujet), de même que le lien entre langage et réussite mathématique : le langage est fortement impliqué dans les habiletés mathématiques dès la mise en place du concept de nombre et de quantité (Carey, 2004), puis dans les activités de comptage, calcul, résolution de problèmes, etc. ; des difficultés mathématiques spécifiques sont observées chez les enfants atteints de troubles du langage (voir par exemple : Donlan, Cowan, Newton & Lloyd (2007), Fazio (1999), Kleemans, Segers & Verhoeven, 2012). D'ailleurs, le manuel du Zareki-R précise que « la note totale dépend de l'âge, du niveau scolaire, et plus marginalement du bilinguisme $F(1, 230) = 5.1, p = .02$ », une formulation étonnante puisque l'effet est statistiquement significatif. Les normes obtenues sont donc influencées par le nombre de langues connues et utilisées par les enfants. Enfin, le Zareki-R a été normalisé sur la base d'un échantillon de 249 enfants âgés de 6 ans à 11 ans et demi, comportant donc relativement peu d'enfants pour chaque tranche d'âge. Par exemple, 46 enfants seulement se situaient dans la tranche d'âge des 8 ans à 8 ans 11 mois. Compte tenu de ces importantes limites, la normalisation du Zareki-R, adaptée à l'évaluation mathématique des enfants franco-québécois, semble pleinement justifiée.

En résumé, le Zareki-R est un outil reconnu internationalement et utilisé par les professionnels québécois pour l'évaluation mathématique chez l'enfant de niveau primaire. Cependant, parce que, d'une part, des facteurs culturels et éducationnels peuvent influencer le développement mathématique des enfants d'un pays à l'autre, et parce que, d'autre part, les données actuelles de normalisation comportent d'importantes limites, une normalisation adaptée à la population franco-québécoise est essentielle. L'objectif du présent article est ainsi d'explorer les habiletés mathématiques des enfants âgés de 8-9 ans et scolarisés en 3^{ème} année dans le but ultime d'établir les premières données normatives pour cette population.

----- METHODE -----

Participants

Les données ont été recueillies auprès de 81 enfants franco-québécois (39 garçons et 42 filles ; 69 droitiers, 12 gauchers), âgés de 8-9 ans et scolarisés en 3^{ème} année de primaire dans le cadre d'un enseignement régulier. L'étude s'est déroulée dans la région de Québec, dans des écoles urbaines (4), de banlieues (4) et rurales (3). Une école relevait d'un milieu socio-économique faible (7 enfants), neuf écoles d'un milieu socio-économique moyen (61 enfants) et une école d'un milieu socio-économique élevé (13 enfants) selon les Indices de défavorisation publiés par le Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport (2013). À noter que, bien que les enseignants suivent le programme établi par le MELS, il est possible que les méthodes d'enseignement des mathématiques aient été différentes dans ces écoles. Parmi les participants, quatre enfants présentaient un diagnostic de Trouble du Déficit de l'Attention

avec Hyperactivité et étaient médicamentés, soit 4.9 % de la population globale de l'étude, un pourcentage conforme à la prévalence estimée au Québec (Lesage & Emond, 2012).

Tests et procédure

Les tests ont été administrés de manière individuelle dans une salle calme de l'école, au cours d'une seule séance d'une durée de 30 à 45 minutes, entre février et juin de la 3^{ème} année de primaire.

Matrices Progressives Colorées

Le test des Matrices Progressives Colorées (Raven, 1977) est destiné à mesurer le niveau de raisonnement non verbal des enfants et est reconnu comme étant corrélé avec la mesure des aptitudes intellectuelles (QI) des élèves (Wilkes & Weigel, 1998). Ce test est fréquemment utilisé dans les études pour s'assurer de l'adéquation des aptitudes intellectuelles des enfants (par exemple, Ben-Shalom, Berger & Henik, 2013 ou Castro Cañizares, Reigosa Crespo & González Alemañy, 2012). Il a été administré, selon les consignes du manuel PM-47C, afin de vérifier qu'aucun enfant de l'échantillon ne présentait une déficience intellectuelle. Le test est composé d'un cahier comprenant trente-six items. Chaque page représente un dessin auquel il manque une partie. La tâche de l'enfant consistait à choisir parmi les six morceaux illustrés en bas de la page, celui qui complète le dessin.

Zareki-R

Le Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) a été administré selon les consignes du manuel. La batterie de tests est composée de onze sous-tests mathématiques (dénombrement de points, comptage oral à rebours, dictée de nombres, calcul mental oral, lecture de nombres, positionnement de nombres sur une échelle, comparaison de deux nombres présentés oralement, estimation visuelle de quantités, estimation qualitative de quantités en contexte, problèmes arithmétiques présentés oralement (contextualisés sous forme d'histoire), et comparaison de deux nombres écrits). Un score total sur 163 est calculé en additionnant chaque sous-score.

----- RESULTATS -----

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SPSS version 22. Les analyses suivantes ont été réalisées en prenant en compte les variables d'influence de Genre, de Latéralité et de Milieu socio-économique pour vérifier si celles-ci avaient un impact sur la réussite mathématique. Enfin, la variable de l'âge a été ajoutée aux analyses car, bien que les enfants étaient tous en 3^{ème} année de primaire et donc au même niveau d'apprentissage scolaire, certains enfants avaient plus d'un an de différence, certains étant nés en 2004 et d'autres en 2005. L'objectif d'analyser cette variable était donc de vérifier si la maturité de développement due à l'âge avait un impact sur la réussite mathématique, au-delà même de l'enseignement mathématique donné jusqu'en 3^{ème} année de primaire. Ces variables ont été prises en considération dans les analyses dans le but ultime de décider si elles doivent apparaître dans un étalonnage différencié ou non (par exemple, un étalonnage différent pour les filles et les garçons, etc.).

Matrices Progressives Colorées

Au test des Matrices Progressives Colorées, aucun enfant n'obtient un score inférieur au percentile 10 selon les normes des enfants nord-américains présentées dans le manuel. Ce résultat indique donc qu'aucun enfant ne présente de retard de raisonnement.

Zareki-R

L'analyse effectuée montre que la normalité de l'échantillon est respectée (Test de Shapiro-Wilks = .06) indiquant 97.1% de chances que l'échantillon soit issu d'une population normalement distribuée au regard de la variable dépendante.

Score total et scores aux sous-tests

Une ANOVA (ANalysis Of Variance) a été réalisée pour analyser le score total (moyenne = 139.3 ; DS = 9.4) des enfants selon les variables d'influence. Cette analyse permet de montrer que, s'il en existe une, la différence entre les deux groupes pour le score total obtenu au Zareki-R est faible et ne se situe pas au-delà de l'intervalle de confiance pour le genre ($F(1, 62) = 0.27, p = .61$; intervalle de confiance entre 0.46 et 8.62), le groupe d'âge ($F(1, 62) = 0.44, p = .51$; intervalle de confiance entre -5.52 et 2.17), la latéralité ($F(1,62) = 1.25, p = .27$; intervalle de confiance entre -2.85 et 8.90), et le milieu socio-économique ($F(1,62) = 0.52, p = .60$; intervalle de confiance entre -9.01 et 12.83 pour la comparaison milieu Favorisé vs. Défavorisé ; intervalle de confiance entre -4.87 et 9.36 pour la comparaison milieu Favorisé vs. Moyen; intervalle de confiance entre -9.63 et 8.96 pour la comparaison milieu Moyen vs. Défavorisé). Aucune interaction n'est significative. Une MANOVA (ANalysis Of Variance Multivariée), à laquelle a été ajoutée une correction Bonferroni, a été réalisée pour analyser la note brute à chacun des onze sous-tests mathématiques selon les mêmes variables d'influence. Cette analyse (selon le test statistique Lambda de Wilks) ne permet de mettre en évidence aucun effet significatif des variables mesurées sur les sous-tests mathématiques, excepté un effet du Niveau Socio-économique pour le sous-test Comptage oral à rebours ($F(2,62) = 3.32, p = .043$).

Seuil pathologique

Une analyse selon une technique de *Bootstrap* (ou rééchantillonnage, méthode qui consiste à faire une inférence statistique sur de « nouveaux » échantillons issus de l'échantillon initial dans le but d'affiner les analyses) a été effectuée pour identifier le score représentant le seuil de suspicion de trouble fixé au percentile 5. Le percentile 5 a été choisi en regard de la prévalence d'enfants dyscalculiques, estimée à 5% environ (3.9% des enfants âgés de 7–8 ans (Badian, 1999) ; 3.8 à 7.1% des enfants de 9 ans (Barbatesi et al., 2005) ; 5.3% des enfants de 7–10 ans (Devine et al., 2013)). Selon cette analyse, on doit suspecter un trouble lorsque le score total au Zareki-R est égal ou inférieur à 122 chez les enfants franco-québécois de 8-9 ans scolarisés en 3^{ème} année. En considérant ce seuil pathologique, un groupe de cinq enfants est repérable dans notre échantillon (scores figurant entre 120.5 et 122), soit 6.2 % de l'effectif total de l'étude. L'analyse *Bootstrap* permet aussi de déterminer un intervalle permettant de repérer de manière moins stricte les scores représentant un risque de dyscalculie. Dans notre échantillon, les 5 % des enfants les plus faibles obtiennent un score total au Zareki-R situé entre 121.5 et 128. L'analyse indique donc qu'une dyscalculie doit être suspectée si le score se situe dans cet intervalle. Un groupe de 13 enfants (16 %) de notre échantillon est ainsi repérable avec cet intervalle et devrait faire l'objet d'une attention particulière de la part de l'enseignant et du clinicien. Ainsi, 6.2 % d'enfants en difficulté mathématique sont repérés si l'on se réfère au strict seuil fixé à 122, alors que 16 % sont identifiés si l'on se réfère à l'intervalle plus large, correspondant à des notes comprises entre 121.5 et 128.

Synthèse : normes de référence

Considérant que, s'il en existe une, la différence pour le score total obtenu au Zareki-R est faible et ne se situe pas au-delà de l'intervalle de confiance pour les variables de genre, d'âge, de latéralité manuelle et de niveau socio-économique, il convient donc de se référer à une

norme commune pour les enfants franco-québécois de 8-9 ans scolarisés en 3^{ème} année de primaire. Le tableau 1 résume ainsi les normes de références à considérer selon les sous-tests de mathématique Calcul et Echelles du test Zareki-R.

	Note maximale	Note minimale	Moyenne	Ecart-type	Seuil de suspicion	5% des enfants les plus faibles	
						Borne supérieure	Borne inférieure
Total Math.	156.0	120.5	139.3	9.4	122.0	128	121.5
Calcul	44.0	24.0	36.8	4.8	26.2	30.2	24.0
Echelle	22.5	8.0	17.8	3.1	11.6	13.6	9.5

Tableau 1. Normes de références du Zareki-R : mathématique et mémoire

Seuls deux sous-tests mathématiques (Calcul et Echelles) ont été intégrés à ce tableau car les autres sous-tests sont notés sur peu de points (ex. 4 points pour Comptage oral à rebours) et parce que nombreux sont les enfants qui obtiennent de très bonnes notes à ces sous-tests. Le tableau 2 décrit le pourcentage cumulé d'enfants en fonction des notes obtenues aux neuf autres sous-tests mathématiques suivants. Par exemple, le tableau 2 indique qu'un enfant qui obtient une note de 16 au sous-test « Comparaison orale » se situe au percentile 100 alors qu'un enfant qui obtient une note de 12 se situe sous le percentile 9 car seulement 8.7 % des enfants obtiennent une note égale ou inférieure de 12/16 (contre 91.3 % qui obtiennent une note supérieure à 13/16). Ainsi, selon ces données, cet enfant devra faire l'objet d'attention particulière de la part de l'enseignant et du clinicien. Ils pourront se référer aux tableaux 1 et 2 pour identifier si un enfant présente des difficultés mathématiques globales ou dans une composante mathématique précise.

Notes	Dénombrement (sur 6)	Comptage (sur 4)	Dictée (sur 16)	Lecture (sur 16)	Comparaison orale (sur 16)	Estimation visuelle (sur 5)	Estimation contextuelle (sur 10)	Problèmes (sur 12)	Comparaison arabe (sur 10)
0	0	1.2	0	0	0	0	0	0	0
1	0	2.5	0	0	0	1.2	1.2	0	1.2
2	0	13.6	0	0	0	4.9	2.4	0	1.2
3	1.2	82.7	0	0	0	24.7	7.3	2.5	1.2
4	6.1	100	0	0	0	60.5	12.2	6.2	1.2
5	28.3		0	0	0	100	18.8	8.7	1.2
6	100		0	0	0		27.4	17.3	1.2
7			0	0	0		36.0	34.6	1.2
8			0	0	0		53.3	43.2	3.7
9			0	0	0		78.0	55.5	22.2
10			0	0	2.5		100	72.8	100
11			0	0	2.5			92.6	
12			1.2	0	8.7			100	
13			3.7	1.2	13.6				
14			14.8	16.0	53.1				
15			34.6	28.3	61.7				
16			100	100	100				

Tableau 2. Pourcentage cumulé d'enfants selon les notes pour les sous-tests mathématiques du Zareki-R

----- DISCUSSION -----

Dans la présente étude, nous avons exploré les habiletés mathématiques de 81 enfants âgés de 8-9 ans et scolarisés en 3^{ème} année dans le but d'établir les premières données normatives pour le Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006), adaptées à la population franco-québécoise. Pour ce seul groupe d'âge, cet échantillon est relativement important comparativement aux études normatives publiées à ce jour. Ainsi, les échantillons correspondant au même âge (i.e., 8-9 ans, 3^{ème} année de primaire) étaient de 50 enfants dans l'étude de Dellatolas et Von Aster (2006), 42 enfants brésiliens, 69 enfants suisses, 69 enfants français dans l'étude de Dellatolas et al. (2000), 62 enfants dans l'étude de Koumoula et al. (2004), et 58 enfants dans l'étude de dos Santos et al. (2012).

Données comparatives

La présente étude permet tout d'abord d'obtenir quelques données importantes quant à la réussite mathématique des enfants franco-québécois. Premièrement, les enfants de 8-9 ans scolarisés en 3^{ème} année de primaire de la présente étude obtiennent un score total au Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) très élevé (139.3 sur 156). Les résultats indiquent que plus de 60 % des enfants obtiennent la note maximale – ou un point sous la note maximale – à chacun des sous-tests. Les enfants franco-québécois de 3^{ème} année de primaire ont donc de bonnes habiletés mathématiques en regard du dénombrement, du comptage oral, de la lecture et de la dictée de nombres, du calcul, de la résolution de problèmes, de l'estimation et de la comparaison de nombres. Cela est cohérent avec le programme de formation de l'école québécoise publié par le Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport (2006) qui indique par exemple qu'un enfant de cycle 2 (3^{ème} et 4^{ème} année) doit être capable de lire, écrire, représenter sur une droite numérique, comparer des nombres naturels inférieurs à 100 000, de réaliser des opérations et des résolutions de problèmes d'addition, soustraction, multiplication avec des nombres naturels (i.e. Calcul mental oral et Problèmes arithmétiques), ou encore d'avoir des repères concernant les nombres dans un contexte social (i.e. Estimation contextuelle).

Les résultats au Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) montrent que, s'il en existe une, la différence entre les filles et les garçons est faible et ne se situe pas au-delà de l'intervalle de confiance, suggérant ainsi que les filles réussissent aussi bien que les garçons pour le score total et dans tous les sous-tests du Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006). Koumoula et al. (2004) obtenaient les mêmes résultats auprès d'enfants grecs de 7 à 11 ans. Toutefois, certaines différences de performances selon le genre sont observées dans d'autres études menées par Dos Santos et al. (2012) auprès d'enfants brésiliens de 7 à 12 ans et par Dellatolas et al. (2000) auprès d'enfants brésiliens, français et suisses de 7 à 10 ans. Des facteurs sociaux peuvent expliquer la réussite mathématique selon le genre. Huguet et Régner (2007, 2009) expliquent d'ailleurs la différence mise en évidence entre les performances mathématiques des filles et des garçons français par l'existence de stéréotypes sociaux forts présents dans la société. Selon l'étude PISA (2009), Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves, réalisée par les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), les filles canadiennes, anglophones et francophones de 15 ans ont indiqué avoir une moins grande confiance en leurs capacités mathématiques, des niveaux moins élevés quant à la perception qu'elles ont de leurs compétences mathématiques et des niveaux d'anxiété plus élevés relativement à cette matière. Pourtant, notre étude montre que chez des enfants plus jeunes (8-9 ans), les filles québécoises ne seraient pas moins bonnes que les garçons. Il semblerait donc que les différences apparaissent plus tardivement, cela pouvant

être dû à des facteurs liés à la perception que les jeunes ont de leur propre réussite. Une norme indifférenciée pour le genre semble donc adéquate.

Dans notre étude, tous les enfants étaient scolarisés en 3^{ème} année de primaire, certains ayant déjà 9 ans, d'autres encore 8 ans. Les résultats montrent que, s'il en existe une, la différence de performances entre les deux groupes d'âge est faible. Le niveau de classe semble donc être une variable fiable pour considérer le niveau mathématique d'un enfant de primaire. De même, la différence entre gauchers et droitiers est inexistante ou faible, s'il en existe une, suggérant donc qu'une norme indifférenciée pour la latéralité est appropriée pour cette tranche d'âge.

Enfin, la présente étude ne démontre aucune différence significative dans la performance mathématique selon le niveau socio-économique, excepté pour le sous-test de Comptage oral à rebours du Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006). Ces résultats ne confortent donc pas les études précédemment menées avec le test Zareki-R par Dellatolas et al. (2000) auprès d'enfants brésiliens, français et suisses de 7 à 10 ans et par Koumoula et al. (2004) auprès d'enfants grecs de 7 à 11 ans qui mettent toutes deux en évidence un effet du niveau socio-économique sur la performance mathématique globale ainsi que sur la réussite en calcul. Deux éléments pourraient expliquer ces divergences de résultats. Le premier concerne la catégorisation des milieux socio-économiques qui peut être différente ; par exemple, alors que l'étude de dos Santos et al. (2012) a choisi de séparer enfants des villes et enfants des campagnes, la présente étude considère une répartition selon un indice de niveau socio-économique calculé par le Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport du Québec. De plus, il est tout à fait envisageable de penser que les différences socio-économiques sont plus ou moins marquées selon le pays d'appartenance. Quoiqu'il en soit, compte-tenu des résultats de la présente étude, il conviendrait de se référer à une même norme pour les enfants québécois de 8-9 ans qu'ils soient issus de milieu au niveau socio-économique faible, moyen ou élevé.

Comparaison des résultats avec les normes établies en France

Les enfants québécois de notre échantillon semblent obtenir des performances bien supérieures à celles des enfants français de l'échantillon choisi pour la normalisation du Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006). Dans la présente étude, les 81 enfants franco-québécois de 8-9 ans scolarisés obtiennent un score total moyen de 139.3 alors que les enfants français de 8 ans à 8 ans 11 mois et ceux de 9 ans à 9 ans 11 mois ont respectivement des scores moyens de 112.2 et de 126.4. Dans les faits, la performance des Québécois semble davantage similaire à celles des enfants âgés de 10 ans à 11 ans 6 mois de l'échantillon français dont le score total moyen est de 135.8. Dans notre échantillon, cinq des 81 enfants (6.2%) ont obtenu des scores suggérant la présence de difficultés mathématiques au Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006). Aucun d'entre eux ne serait cependant identifié, si un professionnel québécois se référait à la norme établie dans le manuel français du Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006). Plusieurs causes sont envisageables pour expliquer ces différences. Tout d'abord, la meilleure performance des Québécois pourrait très bien être expliquée par des facteurs méthodologiques qui ont trait à la population d'échantillon. Alors que tous les enfants de la présente étude sont unilingues francophones, près d'un tiers des enfants de l'échantillon français sont issus de familles qui ne parlent pas le français à la maison. De même, alors que la répartition socio-économique de l'échantillon québécois comporte une majorité d'enfants issus d'un milieu socio-économique moyen, le manuel du Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) indique une moitié d'enfants issus de Zones d'Éducation Prioritaire dans lesquelles le niveau socio-économique est faible. Or le niveau de langage et socio-économique sont tous deux des facteurs importants dans le développement

mathématique. Nous souhaitons mettre en garde le lecteur sur le fait qu'il ne s'agit pas d'une comparaison générale entre les enfants franco-québécois et les enfants français qui pourrait laisser supposer que les jeunes québécois démontrent de meilleures compétences en mathématique que leurs homologues français, mais bien d'une comparaison de notre échantillon d'enfants franco-québécois avec celui du Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006). De plus, des facteurs sociaux (meilleure confiance en soi, meilleure perception de l'importance des mathématiques par les enfants et les familles, plus de stimulations, etc.) ou des facteurs scolaires (programmes scolaires plus adaptés ou plus intenses) pourraient aussi être impliqués par exemple. Ces hypothèses mériteraient d'être vérifiées dans de futures études. La présente étude démontre donc bien tout l'intérêt d'une référence adéquate à une population d'enfants francophones québécois.

Identification des enfants dyscalculiques

L'établissement de normes franco-québécoises pour le test Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) vise en premier lieu à améliorer le repérage des enfants dyscalculiques (i.e. en difficulté mathématique). Selon les normes développées dans notre étude (voir Tableau 1), un enfant qui, par exemple, obtiendrait une note totale de 124 au Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) se situerait au niveau des 5 % les plus faibles de l'échantillon de l'étude et mériterait donc toute l'attention de l'enseignant et du clinicien qui pourrait suspecter la présence d'une dyscalculie.

Dans notre échantillon, 6.2% d'enfants ont obtenu des scores au Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) suggérant la présence de dyscalculie, un résultat concordant avec l'étude de Koumoula et al. (2004) dans laquelle 6.3 % d'enfants grecs de 7 à 11 ans en difficulté mathématique étaient identifiés à ce même test. Ces données sont également tout à fait dans la lignée des précédentes études de prévalence de la dyscalculie chez des enfants du même âge (5.6 % à 10.3 % des enfants allemands de 8 ans (Dirks et al., 2008) ; 3.9 % et de 3.8 à 7.1% des enfants américains âgés respectivement de 7-8 (Badian, 1999) et 9 ans, Barbaresi et al., 2005).

----- CONCLUSION -----

En conclusion, la présente étude permet de caractériser les habiletés mathématiques des enfants âgés de 8-9 ans scolarisés en 3^{ème} année de primaire et d'obtenir ainsi des données de référence franco-québécoises pour le Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006), un outil d'évaluation mathématique. Parce que la dyscalculie est d'abord décrite comme un trouble du développement mathématique par le DSM-V, l'évaluation doit comporter un examen des capacités mathématiques générales afin d'objectiver les difficultés scolaires rencontrées à l'aide d'outils standardisés. Ainsi, l'obtention de données de référence adaptées à la population d'enfants franco-québécois permet de répondre à ce besoin clinique.

Dans la présente étude, l'échantillonnage a été limité aux seuls enfants de 8-9 ans scolarisés en 3^{ème} année de primaire. De futures études pourront donc se consacrer à la normalisation de cet outil pour l'ensemble des classes du primaire, ou à tout le moins pour les enfants de début de primaire (i.e. 1^{ère} et 2^{ème} années). En effet, le score moyen obtenu au Zareki-R (Dellatolas & Von Aster, 2006) par des enfants de 3^{ème} année est déjà très élevé et il est fort probable qu'un effet plafond soit observé pour les enfants plus âgés (i.e. 4^{ème} à 6^{ème} années). Disposer de normes adaptées permettra ainsi de repérer et diagnostiquer au mieux les enfants franco-québécois en difficulté mathématique.

----- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -----

American Psychiatric Association (2013). *Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5)*. Paris, France : Elsevier Masson.

Badian, N.A. (1999). Persistent arithmetic, reading, or arithmetic and reading disability. *Annals of Dyslexia*, 49, 45–70. <http://doi.org/10.1007/s11881-999-0019-8>

Barbarese, W.J., Katusic, S.K., Colligan, R.C., Weaver, A.L., Jacobsen, S.J. (2005). Math learning disorder: incidence in a population-based birth cohort, 1976-82, Rochester, Minn. *Ambulatory Pediatrics* □: *the official journal of the Ambulatory Pediatric Association*, 5(5), 281–289. <http://doi.org/10.1367/A04-209R.1>

Ben-Shalom, T., Berger, A., Henik, A. (2013). My brain knows numbers! - an ERP study of preschoolers' numerical knowledge. *Frontiers in Psychology*, 4, 716. Consulté le 22.02.2016 de Frontiers in Psychology:
<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00716/full>

Cankaya, O., LeFevre, J.A., Sowinski, C. (2012). The influences of different number languages on numeracy learning. *Encyclopedia of Language and Literacy Development* (pp. 1-8). London. Consulté le 22.02.2016 de Carleton University:
<http://literacyencyclopedia.ca/pdfs/topic.php?topId=311>

Carey, S.E. (2004). Bootstrapping & the origin of concepts. *Daedalus* 133(1), 59–68. Consulté le 22.02.2016 de Harvard University:
https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/5109360/Carey_Bootstrapping.pdf?sequence=2

Castro Cañizares, D., Reigosa Crespo, V., González Alemañy, E. (2012). Symbolic and non-symbolic number magnitude processing in children with developmental dyscalculia. *The Spanish Journal of Psychology*, 15(3), 952–966. Consulté le 22.02.2016 de redalyc.org:
<http://www.redalyc.org/pdf/172/17224489009.pdf>

Dellatolas, G., von Aster, M., Willadino-Braga, L., Meier, M., Deloche, G. (2000). Number processing and mental calculation in school children aged 7 to 10 years: a transcultural comparison. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 9(2S), 102–110.

Dellatolas, G., von Aster, M. (2006). *Zareki-R: Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant*. Paris : ECPA.

Deloche, G., Seron, X. (1991). EC 301: batterie d'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'adulte. *Glossa*, 27, 40–42.

Devine, A., Soltész, F., Nobes, A., Goswami, U., Szűcs, D. (2013). Gender differences in developmental dyscalculia depend on diagnostic criteria. *Learning and Instruction*, 27, 31–39. <http://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.004> (accès libre)

Dirks, E., Spyer, G., van Lieshout, E.C.D.M., de Sonneville, L. (2008). Prevalence of combined reading and arithmetic disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 41(5), 460–73. <http://doi.org/10.1177/0022219408321128> (accès libre)

Donlan, C., Cowan, R., Newton, E.J., Lloyd, D. (2007). The role of language in mathematical development: evidence from children with specific language impairments. *Cognition*, 103(1), 23–33. <http://doi.org/10.1016/j.cognition.2006.02.007>

Fazio, B.B. (1999). Arithmetic calculation, short-term memory, and language performance in children with specific language impairment: a 5-year follow-up. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 42(2), 420–432. <http://doi.org/10.1044/jslhr.4202.420>

Huguet, P., Régner, I. (2007). Stereotype threat among schoolgirls in quasi-ordinary classroom circumstances. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 545–560. Consulté le 22.02.2016 de CNRS: <http://www.cnrs.fr/mpdf/IMG/pdf/jeducp2007.pdf>

Huguet, P., Régner, I. (2009). Counter-stereotypic beliefs in math do not protect school girls from stereotype threat. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(4), 1024–1027. Consulté le 22.02.2016 de CNRS: http://www.cnrs.fr/mpdf/IMG/pdf/renforcement_stereotypes.pdf

Jordan, N.C., Huttenlocher, J., Levine, S.C. (1992). Differential calculation abilities in young children from middle- and low-income families. *Developmental Psychology*, 28(4), 644–653. Consulté le 22.02.2016 de University of Chicago: <http://psychology.uchicago.edu/people/faculty/levine/Jordan1992.pdf>

Jordan, N.C., Levine, S.C., Huttenlocher, J. (1994). Development of calculation abilities in middle- and low-income children after formal instruction in school. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 15(2), 223–240. Consulté le 22.02.2016 de Susan Levin's cognitive development lab: https://cogdevlab.uchicago.edu/sites/cogdevlab.uchicago.edu/files/uploads/Jordan%20et%20a%201994_Calculation%20Instruction.pdf

Kleemans, T., Segers, E., Verhoeven, L. (2012). Naming speed as a clinical marker in predicting basic calculation skills in children with specific language impairment. *Research in Developmental Disabilities*, 33(3), 882–889. <http://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.12.007>

Koumoula, A., Tsironi, V., Stamouli, V., Bardani, I., Siapati, S., Graham, A., Kafantaris, I., Charalambidou, I., Dellatolas, G., von Aster, M. (2004). An epidemiological study of number processing and mental calculation in Greek schoolchildren. *Journal of Learning Disabilities*, 37(5), 377–388. <http://doi.org/10.1177/00222194040370050201>

Lafay, A., St-Pierre, M.-C., Macoir, J. (2014). L'évaluation des habiletés mathématiques de l'enfant: inventaire critique des outils disponibles. *Glossa*, 116, 33–58.

LeFevre, J.A., Clarke, T., Stringer, A.P. (2002). Influences of language and parental involvement on the development of counting skills: comparisons of French- and English-speaking Canadian children. *Early Child Development and Care*, 172(3), 283–300. <http://doi.org/10.1080/03004430212127>

Lesage, A., Emond, V. (2012). Surveillance des troubles mentaux au Québec : prévalence, mortalité et profil d'utilisation des services. *Insitut National de Santé Publique du Québec*, 6(1578), 1–16. Consulté le 22.02.2016 de INSPQ:

https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1578_SurvTroublesMentauxQc_PrevalMortaProfilUtiliServices.pdf

McCloskey, M., Caramazza, A., Basili, A. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4(2), 171–196. [http://doi.org/10.1016/0278-2626\(85\)90069-7](http://doi.org/10.1016/0278-2626(85)90069-7)

Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport (2013). *Indices de défavorisation*. Consulté le 22.02.2016 du MELS: <http://www.education.gouv.qc.ca/references/publications/resultats-de-la-recherche/detail/article/indices-de-defavorisation/>

Ministère de l'Éducation, des Loisirs et du Sport (2009). *Progression des apprentissages au primaire, mathématique*, 1–45. Consulté le 22.02.2016 du MELS: <http://www1.mels.gouv.qc.ca/progressionPrimaire/mathematique/>

Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche : <http://www.education.gouv.fr/cid82342/la-nouvelle-repartition-academique-de-l-education-prioritaire.html>

Moisan, C. (2014). L'éducation Nationale en chiffres, Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Organisation de coopération et de développement économiques (2009). Résultats du PISA 2009 : synthèse. <http://www.oecd.org/pisa/46624382.pdf>

Raven, J.C. (1977). *Standard Progressive Matrices. Manuel PM47*. Issy-les-Moulineaux : Editions Scientifiques et Psychologiques.

Riquier, M. (1997). *TAS Révisés – Tests d'acquisitions scolaires mathématiques*. Paris : ECPA.

Santos, F.H. (dos) , da Silva, P.A., Ribeiro, F.S., Dias, A.L.R.P., Frigério, M.C., Dellatolas, G., von Aster, M. (2012). Number processing and calculation in Brazilian children aged 7-12 years. *The Spanish Journal of Psychology*, 15(2), 513–525. http://doi.org/10.5209/rev_SJOP.2012.v15.n2.38862

Von Aster, M. (2001). *Die Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenarbeitung und Rechnen bei Kindern*. Lisse, Frankfurt: Swets & Zeitlinger, Swets Test Services.

Wechsler, D. (1991). *The Wechsler Intelligence Scale for Children - third edition* (The psycho). San Antonio, TX: The Psychological Corporation.

Wilkes, J., Weigel, A. (1998). Comparison of WISC-R and Raven's Progressive Matrices tests in a clinical consultation population. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 4(26), 261–265.