

Développement des données normatives adaptées pour la batterie Zareki-R en Algérie

Mohammed LAHMER *

* Titulaire d'un diplôme de doctorat en psychopathologie du développement, Enseignant associé, Département de psychologie, Faculté des Sciences Sociales et Humaines, Chercheur associé, Equipe : Troubles Spécifiques du Langage et des Apprentissages (TSLA), Laboratoire des Troubles du Neurodéveloppement et Apprentissages (TNDA), Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen 13000, Algérie.

Auteur de correspondance :
mohammed_lahmer@hotmail.fr

Résumé :

Le Zareki-R est un outil reconnu internationalement dont la validité a été réalisée dans différents pays (Allemagne, Portugal, Grèce, France, Algérie). Il est ainsi largement utilisé dans le domaine de l'évaluation mathématique et du dépistage de la dyscalculie développementale. Cette étude constitue une seconde étape, elle s'inscrit dans une démarche de normalisation de la batterie traduite en langue arabe Zareki-AR-R et a pour objectif d'établir les premières données normatives pour une population de 278 enfants répartis entre 147 garçons et 131 filles, âgés de 6 ans à 11 ans 6 mois, et scolarisés de la 1^{ère} année à la 5^{ème} année de l'école primaire. Les résultats obtenus confirment le développement des données normatives adaptées aux enfants d'âge scolaire. Par ailleurs, l'application de la version arabe du Zareki-R a permis d'identifier 2.87 % des enfants algériens âgés de 8 ans à 10 ans, qui ont présenté un trouble dyscalculique persistant au fil du temps (plus de 12 mois).

Mots clés : données normatives, Zareki-R, Zareki-AR-R, mathématique, développement, apprentissage, dyscalculie, dépistage

Development of culture-specific normative data for the Zareki-R test in Algeria

Summary:

The Zareki-R is an assessment recognized internationally; its validity was realized in different countries (Germany, Portugal, Greece, France, and Algeria). It is used widely in the area of mathematical assessment and screening of developmental dyscalculia. The aim of this second study is to establish the first normative data for the Zareki-AR-R in Algeria, on a population of 278 children (147 boys and 131 girls) aged between 6-11 years and 6 months, and schooled from the first grade to the fifth grade in elementary school. The results confirm the development of culture-specific normative data for the school-aged children population. Otherwise, the application of Zareki-Arabic Revised-Version allowed identifying 2.87 % of Algerian children aged between 8-10 years, which showed persistent dyscalculia disorder over time (over 12 months).

Keywords: normative data, Zareki-R, Zareki-AR-R, mathematic, development, learning, dyscalculia, screening

----- INTRODUCTION -----

Le DSM 5 définit les troubles des apprentissages comme étant « des déficits spécifiques dans la capacité d'un individu à percevoir ou à traiter l'information de manière efficace et précise » (Américain Psychiatric Association, 2013), les troubles spécifiques des apprentissages étant regroupés sous le terme général de « Troubles neurodéveloppementaux » avec le trouble du spectre autistique, trouble du développement intellectuel, trouble du développement moteur, trouble de la communication et trouble de l'attention / hyperactivité.

La dyscalculie fait partie des troubles spécifiques des apprentissages et est définie comme un trouble spécifique du développement de l'arithmétique qui interfère fortement avec les activités scolaires et de la vie quotidienne impliquant toutes des compétences numériques. La prévalence de ce trouble peut aller de 1 à 10 % selon les études menées dans le monde. Ainsi, et selon les sphères géographiques et culturelles, on remarque une disparité de la prévalence de la dyscalculie qui se présenterait comme suit : pour les enfants américains elle est estimée de 3.6 % à 3.9 % chez des enfants âgés de 7-8 ans (Badian, 1999) ; et de 3.8 % à 7.1 % chez ceux de 9 ans (Barbarese et al., 2005) ; 3.8 % chez des enfants iraniens âgés de 7-10 ans (Barahmand, 2008) ; 5.6 % à 10 % chez des enfants allemands de 8 ans (Dirks et al., 2008) ; 5.3 % chez des enfants anglais de 7-10 ans (Devine et al., 2013) ; 3.9 % et 6.2 % chez des enfants québécois de 8-9 ans (Lafay et al., 2015 et 2016) ; 1.3 % chez des enfants anglais de 9-10 ans (Lewis et al., 1994). Il existe plusieurs raisons pour expliquer ce large éventail d'estimations de la prévalence dont : l'âge des enfants, les tests d'évaluation utilisés, les facteurs culturels des populations testées, y compris l'absence d'un consensus concernant l'utilisation des critères d'inclusion et d'exclusion pour définir la dyscalculie développementale.

La différence de la prévalence en fonction du sexe n'a pas encore fait un consensus dans ces études, des chercheurs ont démontré que l'incidence du trouble dyscalculique est égale pour les garçons et les filles (Devine et al., 2013 ; Koumoula et al., 2004 ; Lewis et al., 1994 ; Mazzocco & Myers, 2003). Cependant, la prévalence de ce trouble est supérieure pour les garçons par rapport aux filles dans certaines autres études (Badian, 1983 ; Barbarese et al., 2005 ; Jovanovic et al., 2013 ; Ramaa & Gowramma, 2002 ; Reigosa-Crespo et al., 2011). Ces résultats sont eux-mêmes en contradiction avec l'étude de Dirks et al. (2008), dans laquelle les filles ont été plus touchées par ce trouble que les garçons. De même, dans une étude menée en Inde, l'identification des enfants dyscalculiques a été basée à un moment donné sur les jugements des enseignants, à ce moment-là les résultats obtenus ont mis en évidence que la prévalence était supérieure aussi pour les filles (Ramaa & Gowramma, 2002).

Quelques études de prévalence ont défini la dyscalculie développementale sur la base d'un critère de discordance entre les difficultés à des épreuves liées aux troubles en question et les bonnes performances dans d'autres épreuves cognitives, il s'agit souvent de 1 à 2 écarts-types en dessous de la moyenne. Ce niveau était mesuré à l'aide de tests et de différents subtests du QI (Barahmand, 2008 ; Barbarese et al., 2005 ; Lewis et al., 1994 ; Mazzocco & Myers, 2003). Les enfants dyscalculiques ont été identifiés aussi à l'aide des seuils de performance dans les tests standardisés en mathématiques, par exemple, certains chercheurs ont limité leur échantillon aux enfants avec un score inférieur au percentile 10 (Dirks et al., 2008 ; Mazzocco & Myers, 2003 ; Mazzocco et al., 2011 ; Murphy et al., 2007), cependant, d'autres ont utilisé une performance en dessous du 25ème percentile (Badian, 1983 ; Barbarese et al., 2005 ; Dirks et al., 2008 ; Hein et al., 2000). D'autre part, Ramaa et Gowramma (2002) ont utilisé un critère d'exclusion. Selon eux, les enfants dyscalculiques avaient un retard de deux années dans les performances en mathématiques, leur rendement était égal ou inférieur à la moyenne par rapport

à des enfants de 2 ans plus jeunes. La résistance à l'intervention mathématique est un autre critère aussi pour définir ce trouble développemental (Desoete et al., 2004). Devine et al. (2013) ont avancé récemment une hypothèse selon laquelle l'utilisation du cutt-off score (score seuil) affecte le rapport du genre et de la prévalence de la dyscalculie développementale, les différences de genre dans la dyscalculie dépendent de ces critères diagnostic.

Les compétences mathématiques sont représentées sur un long continuum qui va de faibles à moyennes, jusqu'à des compétences exceptionnelles. Il s'agit des différences individuelles qui subsistent à l'âge adulte (Dowker, 2005) ; toute définition doit tenir compte de la distinction entre dyscalculie développementale et les différences individuelles en mathématiques.

On sait aujourd'hui que le quotient intellectuel (QI) et les capacités langagières sont des concepts clés dans certaines études pour définir la dyscalculie développementale, à partir desquels les chercheurs déterminent si la dyscalculie est causée par un déficit purement numérique, ou par un déficit cognitif général. Au-delà de cette question, aucune définition consensuelle n'a été constatée pour la dyscalculie développementale. Plusieurs chercheurs dans ce domaine n'ont pas utilisé de variable contrôle dans leurs études de prévalence, ils ont seulement défini ce trouble sur la base des scores inférieurs à la moyenne dans les tests de mathématiques et de l'arithmétique (Barbaresi et al., 2005 ; Geary, 2010 ; Jovanović et al., 2013 ; Reigosa-Crespo et al., 2012). En réalité, le critère QI a été mis en doute par quelques études récentes. En 2014 Brankaer et collaborateurs ont démontré que les processus de traitement des magnitudes numériques et la dyscalculie développementale étaient indépendants de l'intelligence. Mazzocco et Myers (2003) ont mis en cause aussi la question de l'utilisation du QI dans leurs études sur la dyscalculie développementale.

D'un autre côté important, certains enfants pourraient dépasser un retard de développement en mathématiques, leurs difficultés dans ce domaine ne persistant pas dans le temps, ils n'auraient donc pas une dyscalculie développementale (Geary et al., 2000). Dans une étude longitudinale et prospective qui vise à répondre à la question de la persistance des troubles dyscalculiques à l'école primaire, les résultats obtenus ont mis en évidence que seulement 63 % des enfants ont continué à manifester un déficit persistant de la dyscalculie développementale (Mazzocco & Myers, 2003). Par ailleurs, les résultats obtenus dans une autre étude longitudinale mettent en évidence que des enfants dyscalculiques ont montré un affaiblissement significatif et persistant dans le traitement de la grandeur numérique. Cependant, d'autres ne présentent plus d'affaiblissement des performances mathématiques lors des séances d'évaluations ultérieures (Bugden & Ansari, 2015).

Selon Marie-Pascale Noël (2007), les tests approfondis permettent d'objectiver les retards ou les lacunes éventuels de l'enfant dans le domaine du traitement des grandeurs numériques et le domaine du dépistage de la dyscalculie développementale. Ils permettent également de décrire les forces et les faiblesses de l'enfant en mathématiques afin de concevoir un projet de prise en charge. Ces tests sont construits sur la base d'un modèle théorique du traitement numérique, qui permettra à l'examineur d'interpréter les difficultés de l'enfant. Dans cette partie nous proposons une brève présentation d'un ensemble d'outils d'évaluation des performances mathématiques des enfants et de dépistage de la dyscalculie développementale. Par exemple, les batteries Tedi-Math (van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J. et Noël, M.-P., 2001) et Tedi-Math Grands (Noël, M.-P. & Grégoire, J., 2015) sont destinées à l'évaluation des premiers apprentissages du nombre et de l'arithmétique chez les enfants âgés de 8-13 ans et scolarisés de la 3ème année (CE2) à la 5ème année primaire. Le cadre théorique de cet outil s'appuie sur des études récentes en neuropsychologie, en psychologie du développement cognitive, ainsi

que sur les grandes études du développement de l'intelligence et du développement du raisonnement logico-mathématique chez l'enfant, menées par Piaget. L'UDN-II a été initialement développé par Meljac et Lemmel (1999). Cette batterie de tests s'appuie également sur le modèle de développement de l'intelligence et de développement du raisonnement logico-mathématique chez l'enfant, élaboré par Jean Piaget. L'outil UDN-II est destiné à l'évaluation du traitement du nombre et l'évaluation des structures logico-mathématiques chez des enfants âgés de 4-11 ans. Il est constitué de deux séries d'épreuves de situations problèmes. La première série comprend 8 épreuves inspirées des travaux de Piaget sur ces enfants, la deuxième comprend aussi un ensemble de 8 épreuves originales basées sur l'étude de l'utilisation des premières notions logico-mathématiques. Le Zareki-R (Dellatolas & von Aster, 2006) est une adaptation française de la batterie allemande Zareki : Die Neuropsychologische Testbatterie für ZAhlenverarbeitung und REchnen bei KIndern (von Aster, 2001). La batterie Zareki-R permettrait d'obtenir non seulement un profil mathématique global de l'enfant mais aussi de caractériser au mieux ses difficultés. Cet outil est reconnu au niveau international et est utilisé par les professionnels dans différents pays comme le Portugal. La version grecque a déjà donné lieu à une publication internationale (Koumoula et al., 2004).

Les professionnels algériens (psychologues, orthophonistes, enseignants) déplorent souvent le manque de tests standardisés, valides et normalisés pour une population d'enfants. Et pour cela, nous avons répondu à cette préoccupation. En 2017 (Lahmer & Mecherbet), une étude sur la validation en langue arabe de la batterie Zareki-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant a montré que la version arabe Zareki-AR-R a de très bonnes qualités psychométriques (structure factorielle, consistance interne, validité convergente, fiabilité test-retest). Par exemple, à l'exception des épreuves de Dénombrement de points, Estimation visuelle de quantités et Estimation qualitative de quantités en contexte, l'analyse des résultats a mis en évidence des corrélations fortes entre les épreuves de la batterie Zareki-AR-R. Par ailleurs, l'application de cette batterie a permis d'obtenir un seul facteur général, qui explique 52.95 % de la variance, ce facteur justifie la note brute totale. Nous pensons que l'étude précédente (Lahmer & Mecherbet, 2017) n'a été qu'un travail initial.

Le développement de normes adaptées pour la batterie Zareki-AR-R en Algérie constitue une seconde étape qui fait l'objet de cette étude.

----- OBJECTIFS -----

Le présent article fait suite à l'étude de Lahmer et Mecherbet (2017), et a pour objectif d'établir dans un premier temps les premières données normatives adaptées pour la version arabe de la batterie Zareki-R dans le but ultime de pallier la sous-identification des enfants présentant des troubles du calcul et du traitement des nombres.

Ensuite, nous souhaitons identifier des enfants en situation de difficultés mathématiques dans notre échantillon, leur niveau de performances mathématiques évalué par la batterie Zareki-AR-R devant être significativement inférieur à leur niveau attendu pour leur âge. De plus, nous vérifions si ces enfants identifiés comme dyscalculiques continueront à développer le trouble au fil du temps (plus d'une année scolaire) ou non. Alors l'utilisation d'un critère de la persistance du trouble dans le temps fait partie de nos critères d'inclusion pour indiquer la présence d'un trouble dyscalculique chez les enfants algériens.

-----MÉTHODOLOGIE-----

1. Population de l'étude

Les données ont été recueillies auprès d'une population de 278 enfants (147 garçons et 131 filles), âgés de 6 ans à 11 ans 6 mois (Âge Moy : 8.07, écart-type : 1.43), scolarisés de la 1^{ère} année à la 5^e année de primaire (tableau 1). Pour 209 enfants, l'âge correspond à leur niveau scolaire, 39 enfants sont dans une classe supérieure à celle attendue pour leur âge et 30 dans une classe inférieure à celle attendue pour leur âge (tableau 2). L'étude s'est déroulée dans cinq écoles primaires, dans la région de Tlemcen en Algérie, reflétant différents milieux socio-économiques (favorisé : 67 enfants, moyen : 106 enfants, faible : 105 enfants (tableau 3)). Aucun des enfants ne présentait un handicap physique ou sensoriel, ni de troubles neurologiques acquis ou psychiatriques. Les résultats obtenus montrent que la différence pour la note brute totale entre les garçons et les filles n'est pas statistiquement significative ($F(1, 276) = .633, p = .42$). Cependant la note totale au Zareki-AR-R dépend de l'âge ($F(1, 276) = 197.82, p < .001$); du niveau scolaire ($F(1, 276) = 11.08, p < .001$); du milieu socio-économique ($F(1, 276) = 17.22, p < .001$) (voir le travail de Lahmer et Mecherbet, 2017).

Tableau 1

Répartition des sujets, par sexe et par niveau scolaire.

	Niveau scolaire	1 ^{ère} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année	Total
Sexe							
Garçons		27	31	30	32	27	147
Filles		24	21	34	25	27	131
Total		51	52	64	57	54	278

Tableau 2

Répartition des sujets, par âge et par niveau scolaire.

Niveau scolaire	1 ^{ère} année	2 ^e année	3 ^e année	4 ^e année	5 ^e année	Total
Âge						
6 ans à 6 ans 11 mois	42	9	0	0	0	51
7 ans à 7 ans 11 mois	0	38	14	0	0	52
8 ans à 8 ans 11 mois	0	8	44	12	0	64
9 ans à 9 ans 11 mois	0	1	11	41	4	57
10 ans à 10 ans 11 mois	0	0	3	6	36	45
11 ans à 11 ans 6 mois	0	0	0	1	8	9
Total	42	56	72	60	48	278

Tableau 3*Répartition des sujets selon le milieu socio-économique.*

Milieu socio-économique	Effectif
Favorisé	67
Moyen	106
Faible	105

1. Tests et procédures

Pour mener l'étude nous avons recouru essentiellement à la batterie Zareki-version arabe-révisée. Le Zareki-AR-R (Lahmer & Mecherbet, 2017) est une adaptation en langue arabe de la batterie française Zareki-R (Dellatolas & von Aster, 2006). Dans cette étude, la méthode traduction rétrotraduction a été utilisée pour l'étalonnage du Zareki-R. Premièrement, deux enseignants bilingues du département de mathématiques de l'université de Tlemcen informés des caractéristiques de la batterie et des objectifs principaux de notre étude sont sollicités pour traduire les consignes des 12 épreuves du Zareki-R de la langue française à la langue arabe et d'une façon indépendante. Ensuite, une étape de rétrotraduction de la langue arabe à la langue française a été réalisée par deux nouveaux enseignants bilingues spécialisés en traduction et langues étrangères. Une seule version en langue arabe a été obtenue dans le cadre d'un consensus entre les deux traducteurs.

L'étape finale nécessite l'établissement de la version arabe finale de la batterie. Pour ce faire, la version arabe obtenue dans le cadre d'un consensus entre les deux traducteurs a été comparée encore une autre fois avec la version française originale du Zareki-R. Trois remarques essentielles liées principalement à la traduction des consignes ont été signalées par une traductrice qui a participé au processus de rétrotraduction. À ce moment-là, des changements ont donc été apportés sur la version arabe, cette étape a permis la naissance d'une nouvelle version nommée : Batterie pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant – version Arabe – révisée (Zareki-AR-R).

Il s'agit d'un outil qui permet une évaluation des habiletés du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant, de onze subtests mathématiques dont : Dénombrement de points, Comptage oral à rebours, Dictée de nombres, Calcul mental oral, Lecture de nombres, Positionnement de nombres sur une échelle verticale, Comparaison de deux nombres présentés oralement, Estimation visuelle de quantités, Estimation qualitative de quantités en contexte, Problèmes arithmétiques présentés oralement, Comparaison de deux nombres écrits. Cet instrument comprend également une épreuve de Répétition de chiffres comme mesure de la mémoire de travail.

Il n'y a pas de modification dans le matériel du test qui comporte un livret de stimuli, un cahier de passation, un cahier de réponses, une grille de cotation (lignes vierges) (Lahmer & Mecherbet, 2017).

Le Zareki-AR-R a été normalisé dans les salles des écoles primaires et selon les consignes du manuel. Pour les enfants en situation de difficultés mathématiques, le recueil des données a été effectué pendant deux périodes d'évaluation. Entre les deux évaluations (une année scolaire), les élèves ont suivi leur cursus scolaire dans les classes ordinaires avec un programme pédagogique renforcé et agréé par le ministère algérien de l'Éducation nationale. Nous avons fait passer le test à chaque enfant et de manière individuelle par nous-même.

----- RÉSULTATS -----

Toutes les analyses statistiques dans le présent article ont été effectuées avec le logiciel SPSS version 21.

1. Performances moyennes au Zareki-AR-R

Les données recueillies lors de la présente étude sur la normalisation de la batterie Zareki-AR-R sont présentées dans le tableau 4 en termes de moyennes (Moy), écarts-types (σ), minimum (Min), premier décile (10%), médiane (Méd), quartiles (25 % et 75%), dernier décile (90%) et enfin maximum (Max).

Tableau 4

Performances moyennes des enfants aux douze épreuves de la batterie Zareki-AR-R (à l'exception de Répétition de chiffres).

Âge	Moy	σ	Min	10%	25%	Méd	75%	90%	Max
6 ans à 6 ans 11 mois	58.30	24.29	22.50	31.80	38.50	54.50	73.50	99.10	122.00
7 ans à 7 ans 11 mois	74.47	26.96	29.00	40.00	49.50	76.00	99.00	109.40	126.00
8 ans à 8 ans 11 mois	97.36	28.69	28.50	52.30	79.00	101.00	119.50	135.40	142.50
9 ans à 9 ans 11 mois	112.49	27.89	35.50	66.20	100.50	119.50	133.00	139.80	143.00
10 ans à 11 ans 6 mois	123.32	23.25	64.00	83.60	111.00	130.50	142.00	146.90	153.50

Le tableau 4 montre que les scores en mathématiques des enfants âgés de 6 ans à 11 ans 6 mois dans l'échantillon de la normalisation vont de 22.5 (note la plus faible obtenue par un enfant âgé de 6 ans) à 153.5 (note la plus élevée obtenue par un enfant âgé de 10 ans). On observe également que la performance moyenne s'améliore régulièrement dans notre population d'étude. En fait, elle va de 58.30 chez les enfants âgés de 6 ans à 6 ans 11 mois à 123.32 chez les enfants âgés de 10 ans à 11 ans 6 mois. La valeur de l'écart-type varie d'un âge à l'autre, elle est estimée par exemple à 24.29 chez des enfants âgés de 6 ans à 6 ans 11 mois, 28.69 chez des enfants âgés de 8 ans à 8 ans 11 mois et 23.25 chez des enfants âgés de 10 ans à 11 ans 6 mois. D'autre part, la médiane va progressivement de 54.50 chez des enfants âgés de 6 ans à 6 ans 11 mois à 130.50 chez des enfants âgés de 10 ans à 11 ans 6 mois. Le tableau 4 indique

également une analyse en percentiles 10, 25, 75 et 90 dans l'objectif d'établir des normes qui permettent de bien situer la performance des enfants en mathématiques.

1. Développement des données normatives pour le dépistage des troubles du calcul et du traitement des nombres

Le Zareki-AR-R est un outil destiné au dépistage des troubles du traitement des nombres et du calcul. Le présent travail a pour objectif de donner une réelle opportunité aux professionnels algériens (psychologues, orthophonistes et enseignants) d'utiliser cet outil dans le domaine de l'identification des enfants en situation de difficultés mathématiques. Cette partie décrit les notes brutes totales, ainsi que les notes par épreuve et par âge de l'échantillon de l'étude dont la performance en mathématiques se situe au 10ème percentile.

Tableau 5

Le premier décile, par épreuve et par âge.

Epreuves	6 ans à 6 ans 11 mois	7 ans à 7 ans 11 mois	8 ans à 8 ans 11 mois	9 ans à 9 ans 11 mois	10 ans à 11 ans 6 mois
1. Dénombrement de points	2	3	3	4	4
1. Comptage oral à rebours	0	0	0	0	1
2. Dictée de nombres	1	4	4	8	10
3. Calcul mental oral	0	2	2	12	19
4. Lecture de nombres	1	2	7	12	13
5. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	3	2	2	5	7
6. Répétition de chiffres	3	3	7	7	9
7. Comparaison de deux nombres présentés oralement	8	7	6	7	9
8. Estimation visuelle de quantités	1	1	1	2	2
9. Estimation qualitative de quantités en contexte	1	1	2	2	2
10. Problèmes arithmétiques présentés oralement	0	0	0	0	0
11. Comparaison de deux nombres écrits	5	6	6	7	7
Note totale *	31	40	52	66	83

*Toutes les épreuves à l'exception de *Répétition de chiffres*.

Le tableau 5 indique qu'un enfant âgé de 9 ans 6 mois qui obtient une note brute totale égale à 62 se situe parmi les 10 % des enfants les plus faibles en mathématiques. De même, un enfant du même âge (9 ans 6 mois) obtenant la note 10 à l'épreuve Calcul mental oral se situe parmi les 10 % des sujets faibles au calcul mental. À ce moment-là, l'examineur doit suspecter un trouble du calcul et du traitement des nombres lorsque les résultats de l'enfant sont inférieurs au percentile 10.

D'une manière générale, toutes les indications pour le dépistage des troubles du calcul et du traitement des nombres, en Algérie, à différents âges, font référence au tableau 5.

2. Seuil pathologique

L'analyse statistique par la technique de bootstrapping ou bien de rééchantillonnage est une méthode d'inférence statistique qui consiste à faire une substitution de l'échantillon initial par de nouveaux échantillons dont l'objectif est de préciser les analyses.

Dans la présente étude, la technique de bootstrapping a été menée pour déterminer la note correspondant au seuil de suspicion de trouble dyscalculique fixé au percentile 10, qui permet l'identification des 10 % de sujets les plus faibles de la population des enfants algériens âgés de 6 ans à 11 ans 6 mois.

Le percentile 10 a été choisi car il a été proposé dans la version française originale de la batterie Zareki-R (Dellatolas & von Aster, 2006). Aussi, en raison de la prévalence de la dyscalculie développementale estimée jusqu'à 10 % selon les différentes études menées dans le monde (3.6 % et 3.9 % chez des enfants américains âgés de 7-8 ans (Badian, 1999), et de 3.8 % à 7.1 % chez ceux de 9 ans (Barbaresi et al., 2005 ; 5.6 % à 10 % chez des enfants allemands de 8 ans (Dirks et al., 2008) ; 1.3 % chez des enfants anglais de 9-10 ans (Lewis et al., 1994)).

Selon les résultats de l'analyse de bootstrapping, l'examineur doit mettre en cause un trouble dyscalculique lorsque la note brute totale au Zareki-AR-R est égale ou inférieure à 31 chez un enfant à l'âge de 6 ans à 6 ans 11 mois ; égale ou inférieure à 40 chez un enfant à l'âge de 7 ans à 7 ans 11 mois ; égale ou inférieure à 52 chez un enfant à l'âge de 8 ans à 8 ans 11 mois ; égale ou inférieure à 66 chez un enfant à l'âge de 9 ans à 9 ans 11 mois ; égale ou inférieure à 83 chez un enfant à l'âge de 10 ans à 11 ans 6 mois (tableau 5).

Dans une première évaluation qui a été effectuée à partir du deuxième semestre, un groupe de 11 enfants âgés de 8 ans 1 mois à 10 ans 9 mois et scolarisés de la 2ème à la 4ème année de primaire est identifié dans notre échantillon, soit 3.95 % de la population de l'étude. Dans les mêmes conditions et avec un riche programme pédagogique en mathématiques, visant, bien sûr, les objectifs de l'apprentissage scolaire, une deuxième évaluation a été effectuée après une année scolaire, ayant pour objectif de vérifier si ces enfants repérés dès la première évaluation continuent à développer le trouble dyscalculique dans le temps (plus d'une année scolaire) ou non.

En fait, les performances mathématiques de 3 enfants âgés de 8 ans 6 mois à 9 ans 11 mois (2 filles et 1 garçon) ont été améliorées ; ils sont au-dessus du percentile 10. Seul un groupe de 8 enfants (3 filles et 5 garçons) âgés de 8 ans 1 mois à 10 ans 9 mois et scolarisés de la 2ème à la 4ème année de primaire est repérable dans la deuxième évaluation, soit 2.87 % de notre échantillon des enfants qui ont montré une persistance du trouble dyscalculique au-delà de 12 mois. Les 8 enfants les plus faibles dans notre échantillon obtenaient une performance moyenne à la version arabe de la batterie Zareki-R de 32.5 à 71 (tableau 6).

Tableau 6*Performances moyennes des enfants dyscalculiques au Zareki-AR-R.*

Enfants dyscalculiques (N=8)	Sexe	Âge	Seuil de suspicion (Percentile 10)	Performances moyennes (< Percentile 10)
Sujet 1	Garçon	8 ans 1 mois	52	33
Sujet 2	Fille	8 ans 7 mois	52	45
Sujet 3	Garçon	8 ans 8 mois	52	39.5
Sujet 4	Garçon	8 ans 9 mois	52	32.5
Sujet 5	Fille	9 ans 2 mois	66	47
Sujet 6	Garçon	9 ans 5 mois	66	35.5
Sujet 7	Fille	10 ans 4 mois	83	70
Sujet 8	Garçon	10 ans 9 mois	83	71

----- DISCUSSION -----

1. Repérage des enfants dyscalculiques

Le développement de normes adaptées aux enfants d'âge scolaire sera très utile pour le dépistage de la dyscalculie développementale en Algérie.

Selon les données normatives développées dans la présente étude (tableau 3), un enfant âgé de 9 ans, qui obtiendrait par exemple une note brute totale de 50 au Zareki-AR-R se situerait parmi les 10 % des enfants les plus faibles de l'échantillon de l'étalonnage. À ce moment-là, l'enfant qui se situe au premier décile mériterait une attention particulière par les professionnels de l'éducation nationale en qualité de psychologues, orthophonistes et enseignants. Dans la population de l'étude, 2.87 % des enfants âgés de 8 ans à 10 ans ont obtenu des notes totales faibles au Zareki-AR-R suggérant la présence d'une dyscalculie développementale.

Les résultats obtenus sont en accord avec l'étude de Badian (1999) dans laquelle 2.3 % des enfants américains âgés de 7-8 ans ont montré un trouble dyscalculique persistant dans le temps, ainsi que l'étude de Desoete et al. (2004) qui mettait en évidence 2.27 % des enfants belges présentant un risque de trouble dyscalculique. De plus, ces résultats sont proches de ceux constatés dans les différentes études de la prévalence menées précédemment (3.8 % chez des enfants iraniens de 7-10 ans (Barahmand, 2008) ; 3.8 % à 7.1 % chez des enfants américains âgés de 9 ans (Barbaresini et al., 2005) ; 1.3 % et 5.3 % chez des enfants anglais âgés respectivement de 9-10 ans (Lewis et al., 1994) et de 7-10 ans (Devine et al., 2013) ; 3.9 % et 6.2 % chez des enfants québécois âgés de 8-9 ans (Lafay et al., 2015, 2016)).

2. Persistance de la dyscalculie développementale

Dans la présente étude, nous avons constaté qu'un seul groupe avec 8 enfants âgés de 8 ans à 10 ans, soit 2.87 % des enfants de notre population d'étude a montré une dyscalculie développementale de plus de 12 mois, bien que ces enfants aient suivi leur cursus scolaire dans les classes ordinaires et avec des aides pédagogiques renforcées. Les enfants qui ont montré une persistance de la dyscalculie développementale, ont obtenu des scores aux performances mathématiques inférieurs à un seuil de suspicion de ce trouble fixé au percentile 10. À ce moment-là, les résultats obtenus rejoignent également les résultats constatés dans deux études menées par ailleurs (Bugden & Ansari, 2015 ; Mazzocco & Myers, 2003). Il est utile de noter que pour certains enfants le trouble dyscalculique ne va pas s'amplifier avec l'âge.

En fait, le dépistage de la dyscalculie développementale ne se limite pas à une seule et unique évaluation des enfants, il est recommandé de mener des évaluations longitudinales pendant la période de l'apprentissage dans le but ultime de la vérification de la persistance du trouble. Au fur et à mesure, Bugden et Ansari (2015) mettent en garde contre le diagnostic dyscalculie au terme d'une seule et unique évaluation.

Le développement cognitif des enfants n'est pas seulement dépendant de facteurs génétiques et environnementaux. Par ailleurs, il semble nécessaire de noter qu'un repère apparaît pour l'acquisition d'une fonction pour chaque domaine développemental. L'apprentissage est lié à des périodes dites sensibles qui sont très longues par rapport à ce que l'on pensait, et dans lesquelles on ne fixe pas un temps précis pour résoudre des tâches développementales. Ainsi, il existe de larges limites pour chaque niveau d'acquisition (Frankenburg et al., 1992).

De plus, on ne peut pas se hasarder à diagnostiquer un trouble sans vérifier au préalable qu'il ne s'agisse pas plutôt d'un retard dans le développement.

Dans la mesure où les résultats obtenus précédemment suggèrent que les difficultés d'apprentissage des mathématiques sont généralement temporaires et circonstancielles pour certains enfants, il apparaît clairement que l'instabilité de ces difficultés dans le temps pourrait être le résultat d'un retard de développement et d'une incompétence dans le domaine de l'apprentissage des mathématiques, un retard remarquable qui relève de l'influence de différents facteurs affectifs tels que l'absence de motivation et d'intérêt pour l'apprentissage des mathématiques, l'anxiété d'apprendre les mathématiques, ou encore un milieu socio-économique qui fait obstacle à l'apprentissage et rend le parcours scolaire atypique. Une analyse approfondie des vraies causes de l'échec scolaire est indispensable pour les équipes de remédiation. Pour cela, la mise en place d'une démarche thérapeutique pluridisciplinaire en vue de proposer des mesures pédagogiques mieux ajustées et mieux adaptées, qui répondent aux besoins de l'enfant présentant une difficulté est nécessaire. Les difficultés scolaires sont généralement traitées par les enseignants dans les classes ordinaires. En cas d'échec, un accompagnement individualisé et en collaboration avec la famille est mis en place. Si ces méthodes de remédiation pour les enfants présentant des difficultés d'apprentissage sont mises au point dans un contexte d'expériences de réussites successives et de renforcement de la confiance en soi, on peut penser que l'échec scolaire disparaîtra et ne persistera pas.

D'un autre côté, un trouble du développement pourrait être le résultat d'une transaction permanente entre les caractéristiques de l'individu et son contexte environnemental (l'influence des facteurs génétiques et environnementaux). En 2013, Mazzocco et Räsänen pensaient également que les différences individuelles dans l'apprentissage des mathématiques qui se

manifestent au fil du temps et les facteurs externes qui sont liés à l'environnement pédagogique pourraient expliquer pourquoi certains enfants en difficultés mathématiques montrent un déficit persistant en calcul.

À ce moment-là, il est indispensable d'organiser le contexte institutionnel, matériel et rationnel pour permettre à chaque enfant qui présente un trouble de l'apprentissage des mathématiques de vivre ses expériences personnelles qui nourrissent ses besoins développementaux. Perret et Faure (2006) indiquent aussi que les mécanismes d'adaptation que l'enfant met en œuvre peuvent contribuer à diminuer le risque d'un trouble. Pour ce faire, il sera très utile de favoriser à l'école les facteurs de protection qui pourront solliciter les compétences de l'enfant, et d'éviter les facteurs de risque qui induiraient l'apparition du trouble et aggraveraient son évolution. Selon Mazeau et Le Lostec (2010) « ce n'est pas le contenu pédagogique, mais plutôt la présentation et la manière dont les matières sont abordées, qui perturbent les apprentissages scolaires ».

Par ailleurs, en 2006 Perret et Faure soulignent que la trajectoire développementale n'obéit pas à un déterminisme linéaire, le point de départ ne prédit pas le point d'arrivée. En effet, les interventions et remédiations mises en œuvre dans les programmes de prises en charge ont permis à certains enfants de résorber le prétendu trouble qui s'est avéré être un retard, mais aussi dans d'autres cas, il a été observé que d'autres enfants résorbent le trouble de façon spontanée et sans intervention, toutes ces constatations sont aussi valables sur la question de l'acquisition des compétences mathématiques chez les enfants.

L'analyse des effets d'une prise en charge est aussi très importante pour mieux comprendre les mécanismes de l'évolution du trouble dyscalculique dans le temps. « L'étude des traitements, en tant que telle, n'est pas une préoccupation centrale de la psychopathologie développementale. Mais la compréhension des mécanismes impliqués dans l'efficacité thérapeutique en est une, en raison de la lumière qu'elle apporte sur les mécanismes généraux du changement » (Rutter & Sroufe, 2000, cités dans Perret & Faure, 2006, p. 329). Il existe une relation dynamique et réciproque entre l'étude des troubles du développement et les perspectives d'intervention suggérées (Perret & Faure, 2006). Également, nous n'oublions pas que l'étude des effets de la prise en charge de la persistance du trouble dyscalculique est liée à l'étude de la compréhension des mécanismes du développement typique de la cognition mathématique : « l'étude du développement normal et celle du développement troublé peuvent s'enrichir mutuellement et être appréhendées dans des cadres théoriques partagés » (Perret & Faure, 2006, p. 318).

----- CONCLUSION -----

L'objet de cet article fait suite à l'étude de la traduction en langue arabe et à la validation de la batterie Zareki-R en Algérie (Lahmer & Mecherbet, 2017). Les résultats obtenus précédemment ont montré que la batterie Zareki-AR-R présente de très bonnes qualités psychométriques. Et dans le même contexte, le présent travail avait pour objectif la normalisation de la batterie Zareki-AR-R pour permettre l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant et le dépistage de la dyscalculie développementale en Algérie. Cette étude nous a permis dans un premier temps d'explorer les performances mathématiques des enfants âgés de 6 ans à 11 ans 6 mois et par la suite de développer des données normatives pour le Zareki-AR-R. Par ailleurs, l'application de la batterie traduite en langue arabe Zareki-AR-R a également permis d'identifier 2.87 % des enfants algériens en situation de difficultés mathématiques. Même si notre étude sur la validation et la normalisation de la batterie Zareki-R et le dépistage de la dyscalculie développementale en Algérie nous a permis d'atteindre nos objectifs, nous pensons

que notre travail n'est qu'une étude initiale. À ce moment-là, nous suggérons la nécessité de poursuivre des études complémentaires dans le but ultime de confirmer et d'approfondir les résultats obtenus précédemment.

Parmi les questions à étudier dans l'avenir, la première concerne le niveau de l'échantillon, le nombre d'enfants à chaque niveau scolaire étant réduit, il ne permet pas de généraliser les résultats obtenus pour les performances mathématiques des enfants en Algérie. Il serait donc très intéressant de mener de futures études avec des échantillons plus larges d'enfants à chaque niveau scolaire. La deuxième concerne les lieux de déroulement de l'étude, sachant que notre étude s'est déroulée dans une seule région en Algérie et dans seulement cinq écoles primaires, mener des études complémentaires dans plusieurs régions de l'Algérie à l'aide de la batterie Zareki-AR-R serait très utile pour généraliser le développement des données normatives pour l'identification des enfants en situation de difficultés mathématiques. La troisième consiste à poursuivre l'étude de la persistance de la dyscalculie développementale dans le cadre des évaluations prolongées qui s'inscrivent parallèlement dans l'apprentissage. La quatrième question serait liée essentiellement à l'étude de déficits cognitifs numériques impliqués dans la dyscalculie développementale en Algérie.

----- BIBLIOGRAPHIE -----

American Psychiatric Association (2013). DSM 5 : Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux. Elsevier Masson.

Badian, N. A. (1983). Dyscalculia and nonverbal disorders of learning. Dans H. R. Myklebust (dir.), *Progress in learning disabilities*. (vol. 5, p. 235-264). Grune et Stratton.

Badian, N. A. (1999). Persistent arithmetic, reading or arithmetic and reading disability. *Annals of Dyslexia*, 49, 43-70. <https://doi.org/10.1007/s11881-999-0019-8>

Barahmand, U. (2008). Arithmetic disabilities: Training in attention and memory enhances arithmetic ability. *Research Journal of Biological Sciences*, 3(11), 1305-1312. <https://medwelljournals.com/abstract/?doi=rjbsci.2008.1305.1312>

Barbaresi, W. J., Katusic, S. K., Colligan, R. C., Weaver, A. L. et Jacobsen, S. J. (2005). Math learning disorder: Incidence in a population-based birth cohort, 1976-82, Rochester, Minn. *Ambulatory Pediatrics*, 5(5), 281-289. <https://doi.org/10.1367/A04-209R.1>

Brankaer, C., Ghesquière, P. et de Smedt, B. (2014). Numerical magnitude processing deficits in children with mathematical difficulties are independent of intelligence. *Research in Developmental Disabilities*, 35 (11), 2603-2613. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.06.022>

Bugden, S. T. et Ansari, D. (2015). Characterizing persistent developmental dyscalculia: a cognitive neuroscience approach. *Electronic Thesis and Dissertation Repository*, 2639. <https://ir.lib.uwo.ca/etd/2639>

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

- Desoete, A., Roeyers, H. et De Clercq, A. (2004). Children with mathematics learning disabilities in Belgium. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 50–61. <https://doi.org/10.1177/00222194040370010601>
- Devine, A., Soltész, F., Nobes, A., Goswami, U. et Szucs, D. (2013). Gender differences in developmental dyscalculia depend on diagnostic criteria. *Learning and Instruction*, 27, 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.004>
- Dirks, E., Spyer, G., van Lieshout, E. C. D. M. et de Sonneville, L. (2008). Prevalence of combined reading and arithmetic disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 41(5), 460-473. <https://doi.org/10.1177/0022219408321128>
- Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetical abilities. Implications for psychology, neuroscience and education*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203324899>
- Frankenburg, W. K., Dodds, J., Archer, P., Shapiro, H. et Bresnick, B. (1992). The Denver II: a major revision and restandardization of the Denver Developmental Screening Test. *Pediatrics*, 89(1), 91-97. PMID: 1370185
- Geary, D. C. (2010). Missouri longitudinal study of mathematical development and disability. Dans R. Cowan, M. Saxton et A. Tolmie (dir.), *Understanding number development and number difficulties*. British Journal of Educational Psychology Monograph Series II, 7, 31-49.
- Geary, D. C., Hamson, C. O. et Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77(3), 236-263. <https://doi.org/10.1006/jecp.2000.2561>
- Hein, J., Bzufka, M.W. et Neumärker, K.J. (2000). The specific disorder of arithmetic skills. Prevalence studies in a rural and an urban population sample and their clinico-neuropsychological validation. *European Child et Adolescent Psychiatry*, 9(S87–S101). <https://doi.org/10.1007/s007870070012>
- Jovanovic, G., Jovanovic, Z., Bankovic-Gajic, J., Nikolic, A., Svetozarevic, S. et Ignjatovic-Ristic, D. (2013). The frequency of dyscalculia among primary school children. *Psychiatria Danubina*, 25(2), 170-174.
- Koumoula, A., Tsironi, V., Stamouli, V., Bardani, I., Siapati, S., Graham, A., Kafantaris, I., Charalambidou, I., Dellatolas, G. et von Aster, M. (2004). An epidemiological study of number processing and mental calculation in Greek school children. *Journal of Learning Disabilities*, 37(5), 377-388. <https://doi.org/10.1177/00222194040370050201>
- Lafay, A., St-Pierre, M. C. et Macoir, J. (2015). Validation franco-québécoise du Tempo Test Rekenen pour l'évaluation des habiletés mathématiques auprès d'enfants de 8-9 ans. *Glossa*, 118, 27-39.
- Lafay, A., St-Pierre, M. C. et Macoir, J. (2016). Performances moyennes des enfants franco-qubécois de 8-9 ans au test mathématique Zareki-R. *Glossa*, 119, 41-45.

Lahmer, M. et Mecherbet, A. (2017). Validation de la batterie Zareki-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant en Algérie. *Glossa*, 122, 1-14.

Lewis, C., Hitch, G. J. et Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9- to 10-year old boys and girls. *Child Psychology et Psychiatry et Allied Disciplines*, 35(2), 283–292. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1994.tb01162.x>

Mazeau, M. et Le Lostec, C. (2010). *L'enfant dyspraxique et les apprentissages, coordonner les actions thérapeutiques et scolaires*. Elsevier Masson

Mazzocco, M. M. M. et Myers, G. F. (2003). Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia*, 53, 218-253. <https://doi.org/10.1007/s11881-003-0011-7> [PMC2742419](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2742419/)

Mazzocco, M. M. M. et Räsänen, P. (2013). Contributions of longitudinal studies to evolving definitions and knowledge of developmental dyscalculia. *Trends in Neuroscience and Education*, 2(2), 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.05.001>

Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L. et Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability. *Child Development*, 82(4), 1224-1237. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01608.x>

Meljac, C. et Lemmel, G. (1999). UDN II : construction et utilisation du nombre. Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

Murphy, M. M., Mazzocco, M. M., Hanich, L. B. et Early, M. C. (2007). Cognitive characteristics of children with mathematics learning disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities*, 40(5), 458-478. <https://doi.org/10.1177/00222194070400050901>

Noël, M.-P. (2007). L'évaluation des compétences numériques de l'enfant. Dans M.-P. Noël (dir.), *Bilan neuropsychologique de l'enfant* (p. 211-235). Mardaga.

Perret, P. et Faure, S. (2006). Les fondements de la psychopathologie développementale. *Enfance*, 58(4), 317-333. <https://doi.org/10.3917/enf.584.0317>

Ramaa, S. et Gowramma, I. P. (2002). A systematic procedure for identifying and classifying children with dyscalculia among primary school children in India. *Dyslexia*, 8(2), 50-61. <https://doi.org/10.1002/dys.214>

Reigosa-Crespo, V., Valdés-Sosa, M., Butterworth, B., Estévez, N., Rodríguez, M., Santos, E., Torres, P., Suárez, R. et Lage, A. (2012). Basic numerical capacities and prevalence of developmental dyscalculia: The Havana Survey. *Developmental Psychology*, 48(1), 123–135. <https://doi.org/10.1037/a0025356>

van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J. et Noël, M.-P. (2001). Tedi-Math. Test diagnostique des compétences de base en mathématiques de la MSM au CE2. Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

Noël, M.-P. et Grégoire, J. (2015). Tedi-Math Grands. Test diagnostique des compétences de base en mathématiques du CE2 à la 5e. Editions du Centre de Psychologie Appliquée.

von Aster, M. (2001). *Die neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (ZAREKI)*. [The neuropsychological test battery for number processing and calculation in children (NUCALC)]. Swets et Zeitliger.