

## **Validation de la batterie Zareki-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant en Algérie**

Mohammed LAHMER\*, Ali MECHERBET\*\*

\* étudiant au doctorat de Psychopathologie du développement, Département de psychologie, Faculté des Sciences Sociales et Humaines, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen 13000, Algérie

\*\* enseignant et professeur titulaire, Département de psychologie, Faculté des Sciences Sociales et Humaines, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen 13000, Algérie

Auteur de correspondance : mohammed\_lahmer@hotmail.fr

## Résumé :

L'objectif général de ce travail est la traduction en langue arabe et la validation de la batterie Zareki-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant en Algérie, sur une population de 278 enfants âgés de 6 ans à 11 ans 6 mois, et scolarisés du CP au CM2. La version arabe du Zareki-R a de bonnes qualités psychométriques (cohérence interne). Les résultats obtenus confirment que les performances mathématiques au Zareki-version arabe-révisé sont liées à l'âge, le niveau scolaire et le niveau socio-économique. Cependant la différence entre les filles et les garçons pour la note totale est non significative. Le développement des données normatives adaptées aux enfants d'âge scolaire sera très utile pour le dépistage des enfants en situation de difficultés mathématiques en Algérie.

**Mots clés :** validation, Zareki-R, mathématique, développement, apprentissage, dyscalculie, Algérie.

## **Validation of the Zareki-R test for assessment of number processing and calculation for Algerian children**

### Summary:

The main objective of this work is the Arabic translation and validation of the battery Zareki-R test for assessment of number processing and calculation for Algerian children on a population of 278 children aged between 6-11 years and 6 months, and going to school from the first grade to the fifth grade in elementary school. The Arabic version of the Zareki-R has good psychometric qualities (internal consistency). The results confirm that the age, school level, and socio-economic level are related to mathematical performance of Zareki-Arabic Revised-Version. However, the difference between girls and boys for the total mark is not significant. The development of culture-specific normative data for the school-aged children population will be very useful for the screening of children with mathematical difficulty in Algeria.

**Key words:** validation, Zareki-R, mathematic, development, learning, dyscalculia, Algeria.

## ----- INTRODUCTION -----

La dyscalculie développementale est un trouble spécifique de l'arithmétique, d'origine biologique, qui se manifeste d'abord pendant les années de scolarité, et se caractérise par des difficultés persistantes à l'âge adulte (American Psychiatric Association, 2013).

La prévalence de ce trouble peut aller de 1 à 10% selon les études menées dans le monde (3.6 % et 3.9% des enfants américains âgés de 7-8 ans (Badian, 1999), et de 3.8% à 7.1% des enfants âgés de 9 ans (Barbarese, Katusic, Colligan, Weaver & Jacobsen, 2005) ; 3.8% des enfants iraniens de 7-10 ans (Barahmand, 2008) ; 5.6% à 10% des enfants allemands de 8 ans (Dirks, Spyer, van Lieshout & de Sonneville, 2008) ; 5.3% des enfants anglais de 7-10 ans (Devine, Soltész, Nobes, Goswani & Szűcs, 2013) ; 3.9% et 6.2% des enfants québécois de 8-9 ans (Lafay, St-Pierre & Macoir, 2015 et 2016) ; 1.3 % des enfants anglais de 9-10 ans (Lewis, Hitch & Walker, 1994)).

La question de la définition de la dyscalculie développementale dans le monde est encore en débat à ce jour. La sous-identification des enfants présentant un trouble développemental de calcul est un risque important à considérer. C'est le manque d'outils valides destinés au diagnostic des troubles du traitement des nombres et du calcul dans la population des enfants algériens qui contribue fortement à cette situation. L'objectif de la présente étude est la traduction en langue arabe et la validation de la batterie Zareki-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant (Dellatolas & von Aster, 2006), destinée au diagnostic de la dyscalculie développementale. Précisément, le travail a consisté à évaluer ses qualités psychométriques (validité convergente, consistance interne, structure factorielle, fidélité test-retest), et vérifier son équivalence sur le plan conceptuel avec la version française. 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). Cet outil est reconnu au niveau international et 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). Une démarche de normalisation qui avait pour objectif d'établir un premier étalonnage pour le Zareki-R a été menée sur une population de 81 enfants franco-québécois âgés de 8-9 ans scolarisés en 3<sup>ème</sup> année de primaire (Lafay et al., 2016).

Le choix des épreuves de la batterie s'appuie sur des travaux récents en neuropsychologie et est aussi directement inspiré des épreuves qui composent la batterie EC301 (voir les travaux de Deloche, Dellatolas, Vendrell & Bergego, 1996 ; Deloche, Souza, Willadino Braga & Dallatolas, 1999). Ainsi, cette batterie est construite sur la base d'un modèle dans lequel McCloskey, Caramazza & Basili, (1985) distinguent trois composants : un système de compréhension des nombres, un système de production des nombres et un système de calcul. Dans ce modèle les troubles peuvent concerner spécifiquement la compréhension des nombres, la production des nombres ou le calcul.

Le Zareki-R est une batterie d'épreuves permettant une évaluation des habiletés du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant composée 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

nombre écrits. Cet instrument comporte également une épreuve de Répétition de chiffres comme mesure classique de la mémoire de travail.

Le choix de la batterie Zareki-R pour la démarche de traduction et de validation dans la présente étude est justifié par plusieurs raisons. Premièrement, le besoin des professionnels en qualité de psychologues et d'orthophonistes d'un instrument en langue arabe d'évaluation mathématique et de dépistage de la dyscalculie justifie ce choix pour une adaptation culturelle sur l'environnement algérien. Deuxièmement, le Zareki-R existe dans plusieurs langues (allemand, portugais, grec, français) et est ainsi utilisé largement en clinique, c'est un outil reconnu au niveau international, il a une accessibilité à l'adaptation dans l'environnement algérien.

De plus, la batterie permettrait d'obtenir non seulement un profil mathématique global de l'enfant mais aussi de caractériser au mieux ses difficultés. Pour ce faire, une étude transculturelle a été menée avec l'outil NUCALC (von Aster, 2001) auprès de quatre cent soixante enfants de 7 à 10 ans issus de différents pays, du Brésil, de la Suisse et de la France. Les résultats montrent que cet outil permet d'identifier les enfants en difficultés mathématiques (Dellatolas, von Aster, Willadino-Braga, Meier & Deloche, 2000). L'outil NUCALC a permis d'identifier 6.3% d'enfants grecs de 7 à 11 ans en difficulté (Koumoula et al., 2004). De même, quatre-vingt-un enfants québécois ont été évalués par l'outil Zareki-R (Dellatolas & von Aster, 2006) et les résultats montrent que 6.2% ont obtenu des scores faibles au Zareki-R suggérant la présence de dyscalculie (Lafay et al., 2016).

La version originale du Zareki-R (Dellatolas & von Aster, 2006) présente de bonnes qualités psychométriques, sa validité a été démontrée de diverses manières. Dans le cadre de l'étude menée en France, les auteurs ont effectué une étude de validité convergente, les moyennes scolaires ont été comparées avec les performances aux diverses tâches du Zareki-R. Les résultats obtenus ont mis en évidence que les élèves signalés par leurs enseignants comme ayant des difficultés en mathématiques avaient des performances faibles aux épreuves du Zareki-R. Ainsi, les résultats de ces mêmes enfants au test d'acquisitions scolaires en mathématiques (TAS, Riquier, 1997) sont significativement et positivement corrélés à la note totale au Zareki-R.

La validation de la batterie Zareki-R nous permettra de bénéficier d'un instrument adapté à la population algérienne et de le rendre utilisable par les professionnels de l'éducation nationale (psychologues, orthophonistes et enseignants), après le développement (prévu dans une seconde étape qui ne fait pas l'objet de cet article) de normes adaptées pour pallier la sous-identification des enfants en situation de difficultés mathématiques en Algérie.

## -----MÉTHODOLOGIE-----

### 1. Processus de traduction et d'adaptation de la version française Zareki-R

Dans cette étude, la méthode "traduction rétrotraduction" a été utilisée pour l'étalonnage du Zareki-R. Deux enseignants bilingues du département de mathématiques de l'université de Tlemcen informés sur les caractéristiques de la batterie et les objectifs principaux de notre

étude ont traduit les 12 épreuves du Zareki-R de façon indépendante. Une seule version en langue arabe a été obtenue dans le cadre d'un consensus entre les deux traducteurs.

## 2. Description de la population de l'étalonnage

Notre étude a été menée sur une population de 278 enfants (147 garçons et 131 filles), âgés de 6 ans à 11 ans 6 mois (Age Moy : 8.07, écart-type : 1.43), scolarisés du CP au CM2. Pour 209 enfants, l'âge correspond au 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. 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). Aucun des enfants ne présentait de handicap physique, sensoriel, ou bien d'autres troubles neurologiques acquis ou psychiatriques.

## 3. Outils

Pour mener l'étude nous avons recouru à deux outils essentiels : le Zareki-version arabe-révisée et les résultats scolaires en mathématiques et en langue arabe des enfants.

### a. Zareki-AR-R (Zareki-version arabe-révisée)

Le matériel du test comprend : un livret de stimuli, un cahier de passation, un cahier de réponses, une grille de cotation (lignes vierges). Nous avons fourni aux enfants, lors de la passation des épreuves, des crayons pour écrire leurs réponses. Deux chronomètres ont été utilisés : le premier pour mesurer la durée de passation et le deuxième pour indiquer le temps de réponse. Aucune des épreuves n'est limitée en temps.

### b. Résultats scolaires

Ils ont été utilisés pour effectuer une étude de validité convergente, en comparant les résultats scolaires en mathématiques et en langue arabe avec les performances effectives aux épreuves du *Zareki-AR-R*.

## 4. Procédure

L'administration du test s'est déroulée entre octobre et avril pour les deux années scolaires 2015 et 2016. Le test a été administré de manière individuelle au cours d'une seule séance pour chaque enfant dans les salles des écoles primaires et selon les consignes du manuel. Nous avons administré le test à chaque enfant par nous-même (étudiant au doctorat en psychopathologie du développement).

La durée de passation du test est variable selon l'âge de l'enfant, ses capacités et sa rapidité (tableau 1).

Age	Indice	Moy	Min	Max	Ecart-type
6 ans à 6 ans 11 mois		38.23	30	75	24.29
7 ans à 7 ans 11 mois		37.94	30	55	26.96
8 ans à 8 ans 11 mois		35.51	25	50	28.96
9 ans à 9 ans 11 mois		33.50	24	55	27.89
10 ans à 11 ans 6 mois		28.16	20	41	23.25
Tous		34.62	20	75	35.41

Tableau 1. Durée de passation (en minutes) : moyenne, écart type et étendue, par âge.

## -----RÉSULTATS-----

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SPSS version 21 et le logiciel STATISTICA 8.

### 1. Note totale au Zareki-AR-R

Les résultats obtenus ont montré dans un premier temps que les notes brutes totales des enfants de 6 ans à 11 ans 6 mois dans l'échantillon de l'étalonnage vont de 22.5, note la plus faible obtenue par un enfant de 6 ans, à 153.5 note la plus élevée obtenue par un enfant de 10 ans. Une ANOVA a été réalisée pour vérifier l'impact du genre, de l'âge, du niveau scolaire, et du milieu socio-économique sur les performances mathématiques des enfants de l'échantillon de l'étalonnage au Zareki-AR-R. L'analyse montre que la différence pour la note 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 ( $F(1, 276) = 17.22, p < .001$ ). Ensuite, une MANOVA (ANalysis Of VARIance Multivariée), à laquelle a été ajoutée une correction de Bonferroni, a été réalisée pour chacun des onze subtests au Zareki-AR-R et avec les variables d'influences (niveau scolaire et niveau socio-économique). Les notes brutes des onze subtests mathématiques du Zareki-AR-R dépendent de l'âge (selon le test statistique Lambda de Wilks). De plus, les résultats montrent un effet significatif du milieu socio-économique, excepté pour deux subtests : Dénombrement de points ( $F(1, 276) = 1.634, p = .20$ ) et Estimation visuelle de quantités ( $F(1, 276) = .414, p = .52$ ).

### 2. Validité convergente

Pour 274 des enfants ayant participé à l'étude, l'appréciation globale des enseignants a été obtenue sur la base des résultats en langue arabe et en mathématiques. Une analyse de corrélation ( $r$  de Pearson) a été réalisée afin d'analyser les relations entre la note totale au Zareki-AR-R dans différents âges et les moyennes scolaires en mathématiques et en langue arabe (tableau 2).

Selon les résultats scolaires en mathématiques, 141 enfants sont très bons, 60 sont moyens, et 73 sont insuffisants, tandis qu'en langue arabe 130 élèves sont très bons, 54 moyens, et 90 insuffisants.

Age	MATHEMATIQUES		LANGUE ARABE	
	r	p	r	P
6 ans à 6 ans 11 mois	<b>.49</b>	<b>&gt; .001</b>	<b>.46</b>	<b>&gt; .001</b>
7 ans à 7 ans 11 mois	<b>.75</b>	<b>&gt; .001</b>	<b>.69</b>	<b>&gt; .001</b>
8 ans à 8 ans 11 mois	<b>.67</b>	<b>&gt; .001</b>	<b>.69</b>	<b>&gt; .001</b>
9 ans à 9 ans 11 mois	<b>.69</b>	<b>&gt; .001</b>	<b>.59</b>	<b>&gt; .001</b>
10 ans à 11 ans 6 mois	<b>.70</b>	<b>&gt; .001</b>	<b>.67</b>	<b>&gt; .001</b>

**Caractère gras :  $p > .001$**

Tableau 2. Corrélations brutes ( $r$  de Pearson) de la note totale au Zareki-AR-R et les moyennes scolaires.

L'analyse des résultats montre que la note totale au Zareki-AR-R est significativement corrélée avec les moyennes scolaires en mathématiques et également avec les moyennes scolaires en langue arabe chez des élèves âgés de 7 ans à 11 ans 6 mois et moins fortement mais significativement pour les élèves âgés de 6 ans à 6 ans 11 mois.

### 3. Homogénéité : Cohérence interne

Le tableau 3 montre les corrélations brutes (r de Pearson) entre les notes brutes aux douze épreuves du ZAREKI-AR-R. Ces données permettent de vérifier l'homogénéité des épreuves constituant la batterie et de rendre compte de la consistance interne du test.

Epreuves	2. Comptage oral	3. Dictée de nombres	4. Calcul mental	5. Lecture de nombres	6. Positionnement sur une échelle	7. Répétition de chiffres	8. Comparaison arabe orale	9. Estimation visuelle	10. Estimation qualitative	11. Problèmes arithmétiques	12. Comparaison arabe écrite
1. Dénombrement de points	<b>.35</b>	<b>.39</b>	<b>.41</b>	<b>.38</b>	<b>.33</b>	<b>.46</b>	<b>.26</b>	<b>.29</b>	<b>.13</b>	<b>.24</b>	<b>.31</b>
2. Comptage oral à rebours		<b>.66</b>	<b>.72</b>	<b>.64</b>	<b>.68</b>	<b>.61</b>	<b>.60</b>	<b>.43</b>	<b>.22</b>	<b>.53</b>	<b>.68</b>
3. Dictée de nombres			<b>.78</b>	<b>.89</b>	<b>.65</b>	<b>.63</b>	<b>.59</b>	<b>.42</b>	<b>.26</b>	<b>.58</b>	<b>.68</b>
4. Calcul mental oral				<b>.76</b>	<b>.75</b>	<b>.69</b>	<b>.60</b>	<b>.47</b>	<b>.30</b>	<b>.67</b>	<b>.66</b>
5. Lecture de nombres					<b>.59</b>	<b>.60</b>	<b>.50</b>	<b>.44</b>	<b>.23</b>	<b>.50</b>	<b>.65</b>
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale						<b>.59</b>	<b>.61</b>	<b>.47</b>	<b>.27</b>	<b>.62</b>	<b>.68</b>
7. Répétition de chiffres							<b>.60</b>	<b>.44</b>	<b>.25</b>	<b>.57</b>	<b>.54</b>
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement								<b>.36</b>	<b>.30</b>	<b>.62</b>	<b>.59</b>
9. Estimation visuelle de quantités									<b>.13</b>	<b>.41</b>	<b>.45</b>
10. Estimation qualitative de quantités en contexte										<b>.38</b>	<b>.22</b>
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement											<b>.55</b>

**Caractère gras :  $p \leq 0.05$**

Tableau 3. Matrice de corrélations brutes (r de Pearson) entre les notes brutes aux douze épreuves du ZAREKI-AR-R.

L'examen des corrélations montre que toutes les épreuves du Zareki-AR-R sont significativement et positivement corrélées. Les corrélations les plus fortes s'observent entre Dictée de nombres et Lecture de nombres ( $r = .89$ ), Dictée de nombres et Calcul mental oral ( $r = .78$ ), Calcul mental oral et Lecture de nombres ( $r = .76$ ), Calcul mental oral et Positionnement de nombres sur une échelle verticale ( $r = .75$ ), Calcul mental oral et Comptage oral à rebours ( $r = .72$ ), Calcul mental oral et Répétition de chiffres ( $r = .69$ ), Calcul mental oral et Problèmes arithmétiques présentés oralement ( $r = .67$ ). Dénombrement de points, Estimation visuelle de quantités et Estimation visuelle de quantités en contexte sont

les trois épreuves les plus faiblement corrélées aux autres. Le Zareki-AR-R a donc une bonne consistance interne.

#### 4. Analyse en composantes principales

Cette étape de l'étude de validité de la batterie Zareki-AR-R mathématiques consiste à explorer la structure interne de l'outil, il s'agit donc de vérifier si les onze épreuves de la batterie sont regroupées en un seul facteur général comme c'est le cas de la version française qui forme un ensemble unidimensionnel. Une analyse factorielle de type moindres carrés non pondérés a été menée sur les onze épreuves pour notre échantillon. Des critères pour la détermination du nombre de facteurs ont été extraits des valeurs propres après une analyse factorielle dont :

- Une valeur propre supérieure à 1 d'après la règle de Kaiser Guttman.
- Les poids factoriels sont significatifs lorsqu'ils ont une valeur supérieure ou égale à 0.4.

Composantes Epreuves de la batterie	Valeurs propres	% de la variance
<b>1</b>	<b>6.156</b>	<b>55.96</b>
<b>2</b>	<b>1.004</b>	<b>9.129</b>
3	0.818	7.436
4	0.709	6.442
5	0.583	5.301
6	0.445	4.044
7	0.397	3.609
8	0.331	3.006
9	0.283	2.572
10	0.177	1.607
11	0.098	0.893

Tableau 4. Valeurs propres initiales et pourcentage de la variance expliquée.

D'après les critères pour la détermination du nombre de facteurs sélectionnés précédemment, les résultats ont mis en évidence deux facteurs avec des valeurs propres supérieures à 1 représentant 65.08% de la variance totale (tableau 4). Après la rotation varimax, les épreuves de la batterie restent partagées entre les deux mêmes facteurs avec une valeur propre à 5.051 pour le premier facteur et 2.109 pour le deuxième facteur, représentant toujours 65.08% de la variance totale.

Epreuves	Facteurs	
	1 (45,916%)	2 (19,174%)
1. Dénombrement de points	<b>.594</b>	-.111
2. Comptage oral à rebours	<b>.773</b>	.299
3. Dictée de nombres	<b>.828</b>	.304
4. Calcul mental oral	<b>.807</b>	.389
5. Lecture de nombres	<b>.825</b>	.219
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	<b>.733</b>	<b>.406</b>
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	<b>.567</b>	<b>.539</b>
9. Estimation visuelle de quantités	<b>.619</b>	.088



10. Estimation qualitative de quantités en contexte	-.029	<b>.861</b>
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	<b>.517</b>	<b>.641</b>
12. Comparaison de deux nombres écrits	<b>.758</b>	.315

Tableau 5. Poids factoriel après rotation varimax avec normalisation de Kaiser et pourcentage de la variance expliquée.

Les résultats de l'analyse factorielle sur les onze épreuves de la batterie Zareki-AR-R après la rotation varimax avec les deux facteurs généraux montrent que 7 épreuves se regroupent seulement dans le premier facteur. Les trois épreuves : Positionnement de nombres sur une échelle verticale, Comparaison de deux nombres présentés oralement et Problèmes arithmétiques présentés oralement contribuent à la fois à deux facteurs, l'épreuve 6 saturant plus le premier facteur à .733, l'épreuve 8 saturant plus le premier facteur aussi à .567, cependant l'épreuve 11 saturant plus le deuxième facteur à .641, l'Estimation qualitative de quantités en contexte contribue seulement au facteur 2 avec un poids factoriel égal à .861. Les autres épreuves n'ont pas un poids factoriel supérieur ou égal à 0.4 (tableau 5).

Epreuves	Facteurs	
	1 (52,950%)	2 (4,462%)
1. Dénombrement de points	<b>.425</b>	-.112
2. Comptage oral à rebours	<b>.797</b>	.018
3. Dictée de nombres	<b>.878</b>	-.269
4. Calcul mental oral	<b>.889</b>	-.018
5. Lecture de nombres	<b>.841</b>	-.413
6. Positionnement de nombres sur une échelle verticale	<b>.817</b>	.156
8. Comparaison de deux nombres présentés oralement	<b>.720</b>	.248
9. Estimation visuelle de quantités	<b>.536</b>	.017
10. Estimation qualitative de quantités en contexte	.331	.198
11. Problèmes arithmétiques présentés oralement	<b>.730</b>	.331
12. Comparaison de deux nombres écrits	<b>.790</b>	.013

Tableau 6. Poids factoriel et pourcentage de la variance expliquée de l'analyse factorielle type moindre carré non pondéré pour les deux facteurs.

Une analyse factorielle type moindres carrés non pondérés a été effectuée sur l'ensemble des deux facteurs retenus après la rotation varimax pour déterminer des scores qui forment un facteur général pour la batterie Zareki-AR-R. Les résultats montrent un seul facteur qui représente 52.95% de la variance expliquée. Le facteur 2 n'est pas retenu en raison du faible poids factoriel et du pourcentage de la variance expliquée représentant seulement 4.462 (tableau 6).

## 5. Fidélité temporelle : Test / Retest

La fidélité Test / Retest est obtenue lorsqu'un test de mesure est appliqué deux fois aux mêmes sujets entre deux périodes (notre cas : 12 mois). L'analyse a été calculée pour 30 enfants âgés de 6 ans à 10 ans, scolarisés du CP au CM2, à l'aide du coefficient de Pearson. Les résultats indiquent une forte corrélation entre les deux passations de la batterie Zareki-AR-R ( $r = .70$  ;  $p < .05$ ), suggérant ainsi une bonne fidélité Test / Retest.

## -----DISCUSSION-----

L'ensemble de ce travail a pour objectif principal la traduction en langue arabe et la validation de la batterie Zareki-AR-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant (Dellatolas & von Aster, 2006). Il décrit aussi les différentes étapes de l'évaluation des qualités psychométriques de la batterie traduite Zareki-AR-R et la vérification de son équivalence sur le plan conceptuel avec la version française.

### 1. Données comparatives avec les études menées à l'aide du Zareki-R

Le présent travail permet dans un premier temps d'obtenir quelques données importantes concernant la durée de passation du test complet. Les résultats ont montré que la durée de passation du Zareki-AR-R allait de 20 à 75 minutes, un temps équivalent entre la version arabe et la version originale du test.

L'analyse des résultats a montré que la différence entre les filles et les garçons au Zareki-AR-R est non significative. Lafay et al. (2016) obtenaient les mêmes résultats au test Zareki-R réalisé auprès d'enfants du Québec âgés de 8-9 ans scolarisés en 3<sup>ème</sup> année de primaire.

La note totale au Zareki-AR-R dépend de l'âge, du niveau scolaire et du milieu socio-économique ; ces résultats sont en accord avec les résultats de l'étude menée en France (Dellatolas & von Aster, 2006). Les mêmes résultats de l'influence du milieu socio-économique sur la note totale ainsi que la réussite en calcul ont été obtenus dans des études menées précédemment avec le test Zareki-R auprès d'enfants âgés de 7 ans à 10 ans issus de différents pays (Dellatolas et al., 2000) et d'enfants grecs âgés de 7 ans à 11 ans (Koumoula et al., 2004).

Les résultats au Zareki-AR-R montrent que les performances moyennes en mathématiques obtenues par les enfants de l'échantillon vont de 58.30 à 123.32, alors que les scores moyens des enfants français vont de 59.88 à 136.17. Les résultats obtenus en France semblent supérieurs par rapport aux performances des enfants en Algérie, notamment pour le score moyen maximal. Dans les faits, le score total maximal de 153.50 pour les enfants âgés de 10 ans à 11 ans 6 mois dans notre échantillon semble davantage similaire au score maximal de 154 obtenu par leurs homologues français âgés de 9 ans à 9 ans 11 mois.

Les caractéristiques de la population de l'étalonnage expliquent probablement ces différences. Il s'agit dans un premier temps de l'influence du milieu socio-économique. Ainsi, la répartition du milieu socio-économique de l'échantillon des enfants algériens comporte une majorité d'enfants issus de milieux socio-économiques faible et moyen. De plus, les différences individuelles de compétences mathématiques entre les enfants algériens et les enfants français peuvent représenter un long continuum qui va de faible à moyen, jusqu'à compétences exceptionnelles (Dowker, 2005).

Des facteurs concernant la qualité des programmes scolaires en mathématiques à l'école algérienne et son effet sur les progrès cognitifs des enfants pourraient être impliqués. D'ailleurs, des changements d'ordre qualitatif et quantitatif dans l'enseignement primaire des mathématiques sont introduits dans le cadre de la réforme du système éducatif algérien. La question est de savoir si l'enseignement des mathématiques élaboré dans les nouveaux manuels scolaires est en phase avec la progression actuelle des sciences cognitives de

l'éducation notamment l'apprentissage des mathématiques. Cette hypothèse mériterait d'être vérifiée dans les futures études.

Des différences importantes ont aussi été mises en évidence par le Zareki-R pour les performances mathématiques moyennes d'enfants issus de plusieurs pays (Dellatolas et al., 2000 ; Koumoula et al., 2004 ; Dellatolas & von Aster, 2006). Par exemple les performances mathématiques d'enfants québécois âgés de 8-9 ans scolarisés en 3<sup>ème</sup> année de primaire sont bien supérieures à celles des enfants français pour la normalisation du Zareki-R (Lafay et al., 2016).

## 2. Validité du Zareki-AR-R

La validité des résultats pour les propriétés psychométriques de la version arabe nommée Zareki-AR-R a été démontrée dans diverses étapes dans le cadre d'une étude sur la population algérienne.

Premièrement nous avons effectué une étude de validité convergente dans laquelle les moyennes scolaires ont été utilisées comme critère. L'analyse des résultats montre des liens entre la note totale au Zareki-AR-R et les moyennes scolaires en mathématiques ; ces derniers résultats confirment que les enfants qui sont très bons en mathématiques en classe sont bons au Zareki-AR-R et les enfants qui sont insuffisants en mathématiques en classe ont des performances moins élevées au Zareki-AR-R. En revanche les résultats obtenus ont montré également des liens entre la note totale au Zareki-AR-R et les moyennes scolaires en langue arabe. A ce moment-là, la distinction entre le langage et la note totale des épreuves du Zareki-AR-R n'a pas été constatée. En fait, l'intégration du système verbal dans le traitement et le développement du nombre est actuellement au centre de débats scientifiques. Des chercheurs défendent l'idée que les facteurs linguistiques jouent un rôle primordial dans le développement des concepts numériques. Dans sa théorie de *bootstrapping* Carey (2001, 2004) suppose que le langage agit comme un révélateur sur les numérosités, pour que l'enfant comprenne les principes de l'organisation de la suite numérique et de cardinalité ; l'enfant commence à associer les premiers noms de nombres avec ses représentations non verbales de quantités, il peut alors associer un mot-nombre à une collection précise. D'autre part, des difficultés mathématiques, dont la production de séquences numériques et d'autres aspects du traitement numérique tels que les activités de comptage, calcul et résolution de problèmes, sont observées chez des enfants atteints de troubles du langage (voir par exemple : Donlan, Cowan, Newton & Lloyd, 2007; Kleemans, Segers & Verhoeven, 2012).

L'analyse en composantes principales sur les onze épreuves du Zareki-AR-R, montre un seul facteur général, qui explique 52.95 % de la variance, ce facteur justifie la note totale qui représente la somme des notes brutes obtenues à onze épreuves à l'exception de Répétition de chiffres. Les résultats obtenus mettent en évidence que la structure factorielle du Zareki-AR-R est la même que celle de la version française (Dellatolas & von Aster, 2006).

Les relations entre les notes brutes aux douze épreuves du Zareki-AR-R ont montré des corrélations fortes entre les épreuves de la batterie à l'exception de Dénombrement de points, Estimation visuelle de quantités et Estimation qualitative de quantités en contexte. La structure interne de la batterie traduite Zareki-AR-R est la même que celle de la version française, les résultats sont plus proches de ceux trouvés par Dellatolas et von Aster (2006). Le Zareki-AR-R a une bonne consistance interne.

Les résultats de l'application du coefficient de Pearson ont montré une stabilité des scores obtenus par les mêmes enfants entre deux périodes (12 mois d'intervalle). Nous supposons que l'effet de l'instabilité des compétences mathématiques au fil du temps n'a pas un impact sur la qualité de l'outil. Le Zareki-AR-R a une bonne fidélité Test / Retest.

## ----- CONCLUSION -----

La présente étude nous a permis d'atteindre nos objectifs principaux concernant la traduction en langue arabe et la validation de la batterie Zareki-R pour l'évaluation du traitement des nombres et du calcul chez l'enfant (Dellatolas & von Aster, 2006). Nos résultats ont montré que la version arabe Zareki-AR-R a de très bonnes qualités psychométriques (structure factorielle, consistance interne, fidélité test-retest).

Les futures études pourront donc se consacrer à la normalisation de cet outil aux enfants algériens. Disposer de normes adaptées permettra ainsi de repérer et diagnostiquer les troubles du calcul et du traitement des nombres dans l'enseignement primaire à l'aide du Zareki-AR-R, afin de répondre à des besoins cliniques. La validation du Zareki-AR-R sur la population algérienne permettra de mettre à la disposition des professionnels algériens en qualité de psychologues et orthophonistes, un instrument d'évaluation mathématique, après sa publication dans *le centre de Recherche d'Édition et d'Applications Psychologiques* en Algérie.

## ----- BIBLIOGRAPHIE -----

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

Badian, N.A. (1999). Persistent arithmetic, reading, or arithmetic and reading disability. *Annals of Dyslexia*, 49(1), 43-70. doi: 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.

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. doi: 10.1367/A04-209R.1

Carey, S.E. (2001). Cognitive foundations of arithmetic: evolution and ontogenesis. *Mind and Language*, 16(1), 37-55. Consulté le 12.07.2017 de University College Dublin: <http://postcog.ucd.ie/files/Susan%20Careyt.pdf>

Carey, S.E. (2004). Bootstrapping & the origin of concepts. *Daedalus*, 133(1), 59-68. Consulté le 12.07.2017 de DASH Harvard: [https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/5109360/carey\\_bootstraping.pdf?sequence=2](https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/5109360/carey_bootstraping.pdf?sequence=2)

- 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. doi: 10.1007/s007870070003
- 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., Dellatolas, G., Vendrell, J., Bergego, C. (1996). Calculation and number processing: neuropsychological assessment and daily life activities. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2(2), 177-180. doi: 10.1017/S1355617700001028
- Deloche, G., Souza, L., Willadino Braga, L., Dellatolas, G. (1999). Assessment of calculation and number processing in adults: cognitive and neuropsychological issues. *Perceptual and Motor Skills*, 89(3), 707-738.
- 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. doi: 10.1016/j.learninstruc.2013.02.004
- 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), 460-473. doi: 10.1177/0022219408321128
- 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. doi: 10.1016/j.cognition.2006.02.007
- Dowker, A. (2005). *Individual differences in arithmetical abilities. Implications for psychology, neuroscience and education*. Hove, GB and New-York, NY: Psychology Press, Taylor & Francis eBooks. doi: 10.4324/9780203324899
- 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. doi: 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. doi: 10.1177/00222194040370050201
- Lafay, A., St-Pierre, M.C., 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., Macoir, J. (2016). Performances moyennes des enfants franco-québécois de 8-9 ans au test mathématique Zareki-R. *Glossa*, 119, 41-45.

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

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

Riquier, M. (1997). *TAS Révisés - Tests d'Acquisitions Scolaires mathématiques*. Paris : ECPA.

von Aster, M. (2001). *Neuropsychologische testbatterie für Zahlenverarbeitung und REchnen bei Kindern (Zareki)*. The neuropsychological test battery for number processing and calculation in children (NUCALC). Lisse, NL; Frankfurt, D : Swets & Zeitlinger B.V., Swets Test Services.