



**HAL**  
open science

## **Validation d'une batterie d'évaluation écologique du nombre chez les collégiens de 3ème**

Hélène Monvert Combe, Marie Moussault Robin

### ► **To cite this version:**

Hélène Monvert Combe, Marie Moussault Robin. Validation d'une batterie d'évaluation écologique du nombre chez les collégiens de 3ème. Sciences cognitives. 2020. <dumas-02948197>

**HAL Id: dumas-02948197**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02948197v1>**

Submitted on 24 Sep 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

ACADÉMIE DE PARIS  
FACULTÉ SORBONNE UNIVERSITÉ

MÉMOIRE POUR LE CERTIFICAT DE CAPACITÉ D'ORTHOPHONISTE

**VALIDATION D'UNE BATTERIE D'ÉVALUATION ÉCOLOGIQUE DU  
NOMBRE CHEZ LES COLLÉGIENS DE 3<sup>ÈME</sup>**

SOUS LA DIRECTION DE MARIE VILLAIN

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019-2020

NUMÉRO DÉCLARATION CNIL :

MONVERT

COMBE

HELENE

MOUSSAULT

ROBIN

MARIE

## Remerciements

En premier lieu, nos remerciements vont vers Marie Villain, notre directrice de mémoire, pour tout le temps, les précieux conseils et la confiance qu'elle a su nous accorder avec bienveillance dans l'élaboration de cette étude.

Nous souhaitons aussi remercier tout particulièrement Nathalie Lesaint et Lydie Prioul, créatrices de la *BENQado*, pour avoir partagé avec nous non seulement leur projet, mais aussi leurs expériences, et pour leurs encouragements toujours bienvenus.

Merci à Catherine Billard, qui a accepté d'être notre rapporteur, pour sa relecture attentive et éclairée.

Nous remercions Anne Lafay, Marie-Christel Helloin et l'éditeur HAPPYneuron pour nous avoir donné accès à la batterie d'évaluation Examath 8-15 et avoir répondu à nos interrogations sur cet outil.

Nos sincères remerciements vont également aux orthophonistes et autres professionnels qui nous ont mises en contact avec les adolescents qui ont participé à notre étude.

Enfin, et surtout, un grand merci aux familles qui nous ont accueillies et aux adolescents qui ont accepté de nous consacrer du temps !

## Attestations de non-plagiat

Je soussigné(e) Hélène MONVERT, déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :

Je soussigné(e) Marie MOUSSAULT, déclare être pleinement conscient(e) que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sur toutes formes de support, y compris l'Internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées pour écrire ce mémoire.

Signature :

## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1. Descriptif de la population.

Tableau 2. Examath 8-15 : position des scores des participants par rapport à la norme.

Tableau 3. BENQado : position des scores, sous-scores et temps des participants par rapport à la norme.

Figure 1. Classement des performances à la BENQado par situations.

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMO : Acte Médical Orthophonique. Lettre-clé concernant les actes professionnels exécutés par les orthophonistes, figurant dans la Nomenclature Générale des Actes Professionnels, et définissant leur valeur.

BENQado : Batterie d'Evaluation du Nombre au Quotidien pour les adolescents, développée dans le cadre d'un mémoire de Master d'orthophonie (Paris Sorbonne Université, 2019).

CIF : Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (révision en 2001 de la Classification Internationale des Déficiences, Incapacités et Handicaps).

PCS : Professions et Catégories Socioprofessionnelles, définies par l'INSEE.

## RÉSUMÉ

Le transfert des habiletés numériques au quotidien représente un enjeu majeur pour les adolescents souffrant d'un trouble de la cognition mathématique. Pour pallier l'absence d'outil d'évaluation écologique de ces habiletés chez les adolescents francophones, une nouvelle Batterie d'Évaluation du Nombre au Quotidien pour les adolescents (BENQado) a été récemment standardisée et normalisée auprès de collégiens de 3<sup>ème</sup>. La présente étude vise à en démontrer les premiers éléments de validité. 9 adolescents dyscalculiques de 3<sup>ème</sup> ont ainsi été évalués avec la BENQado et 6 d'entre eux également par l'Examath 8-15. Leur plainte face au nombre, leurs résultats scolaires, leur appréciation du test ainsi que leur niveau d'anxiété ont été recueillis. Les résultats obtenus à la BENQado ont été comparés à la norme et corrélés à la plainte pour étudier la validité de construit du test. La validité concurrente a été étudiée par la recherche d'une corrélation entre les résultats BENQado et ceux obtenus avec d'autres standards (Examath 8-15 et résultats scolaires). Enfin, l'appréciation de l'outil et de l'anxiété suscitée par ce test a permis d'étudier sa validité d'apparence. Si cette dernière a pu être démontrée, la validité de construit n'a pu être intégralement confirmée, seule la preuve d'une différence significative avec la population contrôle ayant été apportée. La validité concurrente, elle, n'est pas établie, le lien avec un test de référence n'ayant notamment pu être vérifié. De futures études devront donc permettre d'approfondir certaines qualités psychométriques et poursuivre le processus d'accumulation de preuves visant à la validation de l'outil.

Mots clés : Validation psychométrique, Évaluation écologique, Habiletés numériques, Dyscalculie, Adolescent.

## ABSTRACT

The transfer of number-processing abilities into daily life represents a major challenge for adolescents suffering from math learning disorder. To alleviate the lack of an ecological assessment tool for these skills among French-speaking adolescents, a new Ecological Assessment Battery for Numbers for Adolescents (EABNado) has recently been standardized and normalized with junior high school students. This study aims to demonstrate the first elements of validity. 9 dyscalculic adolescents enrolled in 9th grade were thus assessed with the EABNado and 6 with the Examath 8-15 as well. Their complaint about number-processing, their academic results, their appreciation of the test as well as their level of anxiety were collected. The results obtained at the EABNado were compared to the standard and correlated with the complaint to study the construct validity of the test. The concurrent validity was studied by looking for a correlation between the EABNado results and other standards (the Examath 8-15 results and academic results). Finally, the appreciation of the tool and of the anxiety aroused by this test made it possible to study its face validity. If the latter could be demonstrated, the construct validity could not be fully confirmed, only proof of a significant difference with the control population having been provided. The concurrent validity has not been established, the link with a reference test having not been verified in particular. Future studies should therefore allow certain psychometric qualities to be deepened and continue the process of accumulating evidence aimed at validating the tool.

Keywords : Validation, Ecological assessment, Numerical skills, Dyscalculia, Adolescent.

L'article ci-après est présenté selon les recommandations aux auteurs de la revue Glossa (<http://www.glossa.fr/images/Recommandations%20aux%20auteurs%20glossa%202016.pdf>).

## INTRODUCTION (MONVERT)

En fonction de la définition ou de l'outil d'évaluation retenus, la dyscalculie toucherait entre 3 et 7% de la population (Devine, Soltész, Nobes, Goswami et Szűcs, 2013, cités par Soares, Evans et Patel, 2018). Parallèlement, la littérature précise qu'un trouble des apprentissages numériques a des répercussions importantes dans la vie quotidienne (Soares *et al.*, 2018). En effet, de par sa sévérité et sa persistance, la dyscalculie affecte non seulement les apprentissages scolaires mais aussi l'insertion sociale et professionnelle et la participation aux activités du quotidien en lien avec le nombre. Les difficultés à transposer les habiletés numériques dans la vie quotidienne toucheraient particulièrement les adolescents (Soares *et al.*, 2018) - qui vivent une période de transition aux enjeux majeurs - et s'associeraient à d'importants risques économiques et psychosociaux pour leur future vie d'adulte (Haberstroh et Schulte-Körne, 2019). La littérature s'accorde sur le manque d'instruments standardisés, à destination des adolescents de 15 ans et plus ou scolarisés au moins jusqu'en classe de 3<sup>ème</sup>, évaluant l'ensemble des compétences numériques (Lafay et Cattini, 2018 ; voir aussi Haberstroh et Schulte-Körne, 2019). L'ensemble de ces rares tests permettent une évaluation analytique des mécanismes numériques déficitaires mais aucune évaluation écologique de leur répercussion au quotidien. Or la révision de la Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF), qui pose les notions de limitation d'activité et de restriction de participation comme non systématiquement proportionnelle au déficit observé, apporte une évolution conceptuelle impliquant la nécessité d'explorer les habiletés fonctionnelles parallèlement à l'évaluation analytique des déficits (Nguyen *et al.*, 2018).

Afin de pallier l'absence d'outil d'évaluation écologique permettant d'identifier ces difficultés chez les adolescents, une nouvelle Batterie d'Evaluation du Nombre au Quotidien pour les adolescents (BENQado) a été très récemment standardisée et normalisée auprès de collégiens de 3<sup>ème</sup>. L'élaboration d'un nouvel instrument devrait en principe impliquer une phase de validation permettant de vérifier que cet outil possède « les trois qualités psychométriques d'un bon instrument de mesure : validité, fidélité, sensibilité au changement » (Fermanian, 2005, cité par Villain *et al.*, 2015).

La présente étude, menée auprès de participants dyscalculiques, vise à démontrer les premiers éléments de validité de cet outil. Cet article présente ainsi l'étude des qualités psychométriques considérées comme réalisables et prioritaires à ce stade de développement de l'outil : la validité de construit, la validité concurrente et la validité d'apparence.

# MÉTHODOLOGIE (MONVERT)

## 1. BENQado

La BENQado est un outil d'évaluation fonctionnelle des habiletés numériques à destination des adolescents scolarisés en classe de 3<sup>ème</sup>. Cette batterie vise à apprécier l'impact des déficits numériques, mis en évidence par les tests analytiques, dans la vie quotidienne des adolescents dyscalculiques. Elle comprend 42 subtests regroupés en 8 situations de la vie quotidienne (Lecture de l'heure, Courses, Argent de poche, Rendez-vous, Cinéma, Recette, Plan et des Records mondiaux, testant les compétences de transcodage dans toutes les modalités, qui ponctuent la fin de certaines épreuves). De nombreuses épreuves sont chronométrées, permettant le recueil des temps de passation. Le temps de passation global mesuré devra toutefois être distingué de la durée de passation totale de l'évaluation. La liste de l'ensemble des subtests et des principales habiletés numériques mises en jeu ainsi que celle des scores maximum atteignables est présentée en annexe A. Cet outil d'évaluation a été standardisé. Un manuel précise les consignes de passation ainsi que les modalités de cotation. Par ailleurs, l'ensemble du matériel utilisé dans les épreuves est fourni dans la batterie d'évaluation, à l'exclusion de pièces de monnaie, d'une calculatrice, d'un calendrier et d'un mètre ruban en papier.

La BENQado a fait l'objet d'une étude sur un échantillon de 60 adolescents scolarisés en classe de 3<sup>ème</sup> au cours de l'année 2018-2019 ayant abouti à l'établissement de résultats normés pour les collégiens français de 3<sup>ème</sup>, tenant compte des variables démographiques principales (âge, sexe, Professions et Catégories Socioprofessionnelles (PCS)). Il n'existe toutefois à ce stade pas de norme stratifiée en fonction du sexe ou de l'âge. La validité de contenu, la corrélation entre les résultats obtenus à la BENQado et les performances académiques ainsi que la plainte de la population contrôle ont aussi été établies.

## 2. Population

Le recrutement a été effectué en France métropolitaine, sans autres limites géographiques mentionnées, d'une part par contact direct auprès d'orthophonistes concernées par la prise en charge des déficits des habiletés numériques, d'autre part *via* des réseaux sociaux ou associatifs regroupant des professionnels spécialisés dans le domaine de la cognition mathématique ou des parents d'enfants dyscalculiques.

Le groupe d'étude était composé d'adolescents ayant fait l'objet d'un diagnostic de dyscalculie ou de trouble de la cognition mathématique mis en évidence par un test normé

et standardisé (tel que l'Examath 8-15, le Zareki-R, le Tedi-MATH (Lafay et Cattini, 2018)) et/ou faisant l'objet d'un suivi orthophonique sous l'Acte Médical Orthophonique (AMO) 10,2 (« Rééducation des troubles de la cognition mathématique (dyscalculie, troubles du raisonnement logico-mathématique...) »). Ces adolescents, ayant le français comme langue majoritaire, étaient scolarisés en classe de 3<sup>ème</sup> pendant l'année scolaire 2019-2020. Ils ne devaient souffrir ni d'une déficience intellectuelle diagnostiquée, ni d'un déficit visuel et/ou auditif non corrigé, ni d'un trouble du spectre autistique ni encore d'un trouble neurologique acquis. Ont été exclus de l'étude les résultats des adolescents pour lesquels moins de la moitié des performances aux tests proposés ont été recueillies - en raison notamment de troubles psychosociaux, troubles du comportement, troubles attentionnels, troubles moteurs et/ou praxiques sévères, trouble sévère du langage oral et/ou écrit, anxiété mathématique limitant la passation des tests ou encore de difficultés scolaires. Ces comorbidités, non exclues d'office, ainsi que différentes données personnelles et socio-démographiques ont d'ailleurs été recueillies par l'intermédiaire de questionnaires proposés aux participants et à leurs orthophonistes. Les données suivantes ont donc été collectées : âge au moment de la passation, sexe, PCS des parents, latéralité, type de 3<sup>ème</sup> suivie (générale ou aménagée), bilinguisme, projet d'orientation après la 3<sup>ème</sup> et après le lycée, ainsi que les habitudes au quotidien concernant l'argent de poche, informations diagnostiques (test(s) utilisé(s), type de diagnostic posé, comorbidités diagnostiquées), informations de rééducation (date de début de la prise en charge, fréquence des séances).

### **3. Conditions de recueil des données**

Une note d'information a été adressée aux parents ainsi qu'aux adolescents concernés afin de recueillir leur consentement éclairé. Il a été décidé que les passations seraient réparties de manière aléatoire entre les 2 évaluateurs préalablement entraînés, en veillant à équilibrer le nombre de passations effectuées. Il était demandé aux participants de l'étude de se rendre disponible pour une durée initialement prévue entre une et deux heures selon le nombre de tests administrés (BENQado +/- Examath 8-15), les rendez-vous devant se dérouler dans un lieu calme (domicile parental ou cabinet de l'orthophoniste). Le processus de passation a fait l'objet d'une standardisation préalable : vérification du consentement, recueil des données personnelles, auto-évaluation des plaintes, auto-évaluation de l'anxiété mathématique générale, puis test 1 (BENQado ou Examath 8-15, les épreuves de chacun des tests étant toujours administrées dans le même ordre), auto-évaluation de l'anxiété face au test 1, puis test 2 (BENQado ou Examath 8-15) et auto-évaluation de l'anxiété face au test 2. Les examinatrices devaient veiller à alterner, entre chaque passation, l'ordre de présentation des

tests afin de limiter le biais de fatigabilité dans les résultats obtenus. L'auto-évaluation de l'appréciation et de la pertinence de la *BENQado* a été recueillie immédiatement après sa passation.

L'ensemble des variables relatives aux conditions de passations a été consigné : lieu de passation (domicile ou cabinet d'orthophonie), examinatrices, ordre de passation des tests.

#### 4. Données recueillies

Des questionnaires ont permis de recueillir auprès des participants l'ensemble des informations suivantes et de les quantifier :

- Auto-évaluation du niveau de difficulté ressenti face au nombre en vie quotidienne en général, et face à des situations particulières explorées dans la *BENQado* (lire l'heure, évaluer un prix total, payer une somme exacte, vérifier la monnaie, calculer un prix soldé, gérer l'argent de poche, se repérer dans un calendrier, choisir un horaire, prévoir un temps de trajet, lire, mesurer, convertir des quantités, longueurs et volumes). Cette auto-évaluation de la plainte a été reprise à l'identique du questionnaire élaboré à l'occasion de la normalisation de la *BENQado* ;
- Evaluation du niveau d'appréciation et de pertinence de la *BENQado* ;
- Auto-évaluation du niveau d'anxiété ressenti face aux nombres en général et dans les situations de passation des tests *BENQado* et Examath 8-15.

L'échelle visuelle analogique créée lors de la normalisation de la *BENQado* a été reprise et déclinée pour les parties complémentaires du questionnaire afin de faciliter l'estimation de leur ressenti par les adolescents. Cette échelle a été conçue verticalement afin de limiter l'impact de la ligne numérique sur les réponses et elle propose plusieurs modalités simultanées (disposition spatiale, code couleur, code arabe, texte simple avec vocabulaire courant ou familier pour s'adapter au registre des adolescents, émoticônes). Les commentaires et appréciations qualitatives des adolescents ont aussi été recueillis au même moment.

La totalité des scores aux subtests de la *BENQado*, les temps de réponse en secondes à chaque subtest chronométré ainsi que les traces écrites liées à la passation (opérations posées, dictée, réponses écrites) ont été recueillies.

Les scores et temps de réponse relatifs à une sélection d'épreuves de l'Examath 8-15, dont la date de dernière passation a été recueillie, ont été relevés. Dans le cadre de l'étude, il a été

nécessaire de sélectionner des épreuves testant des compétences comparables à celles testées dans la *BENQado* tout en veillant à ne pas trop allonger le temps de passation. Par ailleurs, les épreuves non accessibles ou non normées pour la 3<sup>ème</sup> n'ont pas été retenues. Les épreuves suivantes ont ainsi été proposées aux sujets dans cet ordre : I.1 Relation arabe/analogique (module Habiletés numériques de base), II.1 Transcodage (module Numération), III.1 Fluence arithmétique, III.2 Calcul mental complexe, III.3 Estimation de résultat (module Arithmétique), IV.1 Equivalence et comparaison, IV.2 Problèmes de mesures (module Mesures), V.1 Transformation additive, V.2 Problèmes composés Grands (module Résolution de problèmes).

Pour finir, la moyenne en mathématiques au premier trimestre de 3<sup>ème</sup> a aussi été recueillie.

L'ensemble des données collectées lors cette étude a fait l'objet d'une anonymisation par l'attribution d'un code alphanumérique à chaque sujet.

## **5. Analyse de la validité de construit**

Pour établir la validité de construit, nous avons, dans un premier temps, comparé les scores, sous-scores et temps obtenus à la *BENQado* par les sujets dyscalculiques aux scores, sous-scores et temps de la population contrôle.

La corrélation à la plainte a ensuite été étudiée. D'une part, par la recherche de corrélation entre les scores et temps obtenus à la *BENQado* et la plainte générale et/ou la moyenne des difficultés par situation recueillies dans les auto-évaluations ; et, d'autre part, par la recherche d'une corrélation entre les sous-scores obtenus à la *BENQado* et les auto-évaluations de plaintes par domaines spécifiques.

## **6. Analyse de la validité concourante**

Afin d'étudier la validité concourante de la *BENQado*, nous avons recherché la corrélation entre les scores et certains sous scores à la *BENQado* et à l'Examath 8-15, considéré ici comme test de référence.

Une corrélation entre les scores et/ou temps obtenus à la *BENQado* et la moyenne en mathématiques du premier trimestre a aussi été recherchée.

## **7. Analyse de la validité d'apparence**

L'appréciation et la pertinence de l'outil, quantifiées avec les échelles visuelles analogiques proposées, ont fait l'objet d'une analyse descriptive. Ainsi, la distribution des données relatives aux niveaux d'appréciation et de pertinence du test ainsi qu'aux mesures d'anxiété

des sujets recueillis par questionnaire a été analysée et mise en parallèle avec les commentaires qualitatifs des adolescents pour établir la validité d'apparence de la *BENQado*. L'anxiété suscitée par la passation de la *BENQado* a été comparée à l'anxiété suscitée par la passation de l'Examath 8-15 ainsi qu'à l'anxiété globale ressentie par chaque sujet. Une corrélation entre l'anxiété globale ressentie par le sujet et l'anxiété suscitée par la passation *BENQado* a été recherchée. Enfin, la recherche de corrélation entre score et/ou temps obtenus à la *BENQado* et l'anxiété suscitée par la passation de ce test a été étudiée.

## **8. Vérification des biais et facteurs explicatifs**

L'effet de chacune des variables indépendantes recueillies et précédemment décrites (variables socio-démographiques, personnelles, relatives à la passation...) sur les variables dépendantes scores et temps obtenus à la *BENQado* a été analysé.

L'analyse statistique des données a été effectuée avec le logiciel JMP ® version 15 Trial (SAS Institute). En raison du faible effectif, la médiane a été retenue comme indicateur de tendance centrale dans le cadre des statistiques descriptives et les analyses statistiques inférentielles ont été effectuées avec des tests non paramétriques :

- Le test de Spearman a été utilisé pour étudier les corrélations entre plusieurs variables quantitatives ou analyser l'effet de l'une sur l'autre ;
- Le test de Mann-Withney a été utilisé pour étudier l'effet d'une variable qualitative n'ayant que 2 modalités (comparaison de 2 échantillons) sur une variable quantitative ;
- Le test Kruskal Wallis a été utilisé pour étudier l'effet d'une variable qualitative ayant plus de 2 modalités (comparaison de plusieurs échantillons) sur une variable quantitative.

## **RÉSULTATS (MOUSSAULT)**

### **1. Population**

Suite au contact de plus de 280 orthophonistes, associé à une quinzaine de publications sur les réseaux sociaux ou associatifs spécialisés, 14 adolescents correspondant aux critères d'inclusion ont été recensés. 9 d'entre eux ont accepté de participer à l'étude. A l'issue des passations, aucun participant n'a été exclu en raison du recueil de moins de la moitié des performances.

Cet échantillon était composé de 7 filles (78%) et 2 garçons, âgés de 14 ans 1 mois à 16 ans 10 mois (médiane et moyenne de 15 ans 1 mois) et dont les principales caractéristiques socio-démographiques et données personnelles sont récapitulées dans le tableau 1. Seules 3 PCS sur 8 sont représentées par cet échantillon, 44% des participants étant des enfants de professions intermédiaires (PCS n°4), 33% des enfants d'employés (PCS n°5) et 22% des enfants de cadres ou professions intellectuelles supérieures (PCS N°3). Au sein de ce groupe d'étude, on compte une majorité de droitiers (67%), de monolingues (78%), d'adolescents bénéficiant d'aménagements en classe (56%) et souffrant de comorbidités (Trouble Spécifique du Langage Oral, Trouble Spécifique du Langage Ecrit, trouble de l'attention, troubles psychosociaux, dyspraxie) (56%), les jeunes bénéficiant d'aménagements n'étant pas systématiquement les mêmes que ceux souffrant de comorbidités. A l'exception d'un adolescent venant d'interrompre sa rééducation, tous les participants suivaient une rééducation orthophonique pour leur trouble de la cognition mathématique à raison d'une séance hebdomadaire, rééducation dont la durée s'étendait de 4 mois à 8 ans (médiane de 2 ans 3 mois). La plupart d'entre eux souhaitaient suivre une orientation générale au lycée (44%) et effectuer des études ou une formation après le lycée (67%).

Tableau 1. Descriptif de la population.

Patient	Age	Sexe	PCS	Latéralité	Type de classe de 3ème	Bilinguisme	Projet lycée	Projet post-lycée	Comorbidités	Durée rééducation (en mois)	Fréq. rééducation (par semaine)
M1	15 ans 6 mois	Fille	3	Gaucher	Aménagée	Non	NSP	NSP	Oui	96	1
M2	14 ans 5 mois	Fille	4	Droitier	Générale	Non	NSP	Etudes	Oui	4	1
M3	14 ans 5 mois	Fille	5	Droitier	Générale	Non	Général	Etudes	Non	15	1
M4	15 ans 9 mois	Garçon	4	Gaucher	Aménagée	Non	Pro	NSP	Oui	41	0
M5	16 ans 10 mois	Fille	5	Droitier	Aménagée	Non	Pro	Etudes	Non	26	1
H1	15 ans 3 mois	Fille	5	Droitier	Aménagée	Oui	Pro	Travail	Non	13	1
H2	14 ans 1 mois	Fille	4	Droitier	Générale	Oui	Général	Etudes	Non	60	1
H3	15 ans 1 mois	Fille	3	Droitier	Générale	Non	Général	Etudes	Oui	28	1
H4	14 ans 7 mois	Garçon	4	Gaucher	Aménagée	Non	Général	Etudes	Oui	-	1

Le questionnaire relatif aux habitudes de vie au quotidien concernant l'argent de poche révèle que l'intégralité des participants reçoit de l'argent de poche, mais presque jamais (dans seulement 11% des cas) de façon régulière. La plupart d'entre eux le reçoivent, au moins la majorité du temps, en liquide (89%). Presque tous (89%) connaissent la somme dont ils disposent. Leur utilisation de cet argent est plus hétérogène : quelques-uns (22%) le dépensent, au moins parfois, de façon impulsive dès qu'ils le reçoivent, beaucoup (67%) veillent, au moins de temps en temps, à économiser jusqu'à pouvoir acheter ce qu'ils veulent, mais certains (44%) gardent leur argent pour plus tard sans réellement l'utiliser.

## 2. Conditions de recueil des données

Les passations se sont déroulées de décembre 2019 à février 2020, essentiellement dans différents départements d’Ile-de-France ainsi que ponctuellement dans une commune du Calvados en Normandie. La répartition entre les examinatrices (respectivement 44% et 56% des passations) est quasiment égalitaire (à une passation près). Dans la majorité des cas (67%), les participants ont été testés à leur domicile, plus occasionnellement au cabinet de l’orthophoniste qui les suivait (33%). La durée des entrevues (incluant la passation des tests et les questionnaires) s’est finalement avérée bien plus longue que prévue, avec une moyenne d’une heure et demie lorsque seule la *BENQado* était proposée et une moyenne de 3 heures lorsque l’Examath 8-15 était également soumis.

Sur ces 9 passations, 6 incluaient la passation de l’Examath 8-15, les 3 autres n’ayant pas permis d’inclure ce dernier test en raison d’un temps de passation disponible trop limité ou de l’existence de comorbidités trop importantes chez le participant. Parmi ces 6 passations, les participants étaient testés avec la *BENQado* puis avec l’Examath 8-15 dans la moitié des cas, l’ordre inverse ayant été proposé aux 3 autres participants. Au total, la *BENQado* a ainsi été présentée en premier (soit seule, soit suivie de l’Examath 8-15) dans 67% des cas.

## 3. Résultats des participants

Les principaux résultats recueillis à partir des auto-évaluations de l’ensemble des participants (plainte générale, moyenne des plaintes par situation, niveaux d’anxiété), de l’évaluation de la *BENQado* (appréciation et pertinence du test) ainsi que ceux obtenus aux différents tests (score, sous-scores et temps à la *BENQado* et score à l’Examath 8-15) et par l’intermédiaire des questionnaires (moyenne scolaire en mathématiques obtenue au 1<sup>er</sup> trimestre) figurent en annexe B.

L’auto-évaluation des difficultés est très hétérogène en fonction des participants. Leur plainte générale ressentie au quotidien face au nombre s’étend de 0 (« Aucune difficulté ») à 6 (« Difficile ») sur 10 (« Impossible ») pour une médiane de 4 (« Parfois difficile »). Celle ressentie face à des situations particulières s’étend de 0 à 10 sur 10 en fonction des participants et des situations. Le repérage dans un calendrier et le choix d’un horaire sont les situations pour lesquelles la plainte est la plus faible (médiane de 0). La lecture de l’heure, la gestion de l’argent de poche et la prévision d’un temps de trajet obtiennent une médiane égale à 1 (« Rarement difficile »). Le paiement d’une somme exacte en liquide, l’évaluation d’un prix total et la vérification de la monnaie font l’objet d’une plainte plus importante (médiane entre 2 « Rarement difficile » et 4). Ce sont finalement les situations de calcul d’un

prix soldé ainsi que de mesures et conversions qui se voient attribuer la plainte la plus élevée (médiane égale ou supérieure à 5 « Difficile »). La moyenne de ces plaintes par situation s'étend de 0,42 à 4,29 sur 10 (médiane de 3 « Parfois difficile »).

Les niveaux d'appréciation et de pertinence de la *BENQado* ainsi que le niveau d'anxiété face aux nombres seront détaillés ci-dessous dans le cadre de l'analyse de la validité d'apparence.

Les participants ont obtenu des résultats relativement hétérogènes à la *BENQado*, aussi bien du point de vue du score (de 20 à 54,25 sur 80, soit une médiane de 43,25) que du temps (de 987 à 3698 secondes, soit une médiane de 28' 34''), sachant que le temps des participants tend à être inversement proportionnel à leur score bien qu'il n'y ait pas de corrélation significative. Les résultats varient également en fonction des situations évaluées par la batterie : une fois les sous-scores par situation tous recalculés sur 10 (en vue de pouvoir les comparer), il apparaît que les situations les mieux réussies sont celles du rendez-vous, du cinéma et de l'heure tandis que la plus échouée est celle de la recette (voir figure 1). Aucun effet plancher n'est observé au niveau du score total ni au niveau des sous-scores par situation : les scores totaux minimum et maximum n'ont été atteints par aucun des participants ; par ailleurs, seuls 22% obtiennent le sous-score minimum de 0, et ce uniquement à la situation Recette. De même, aucun effet plafond n'a été relevé : seuls 11% obtiennent le score maximal, et ce seulement pour les sous-scores Recette et Records.

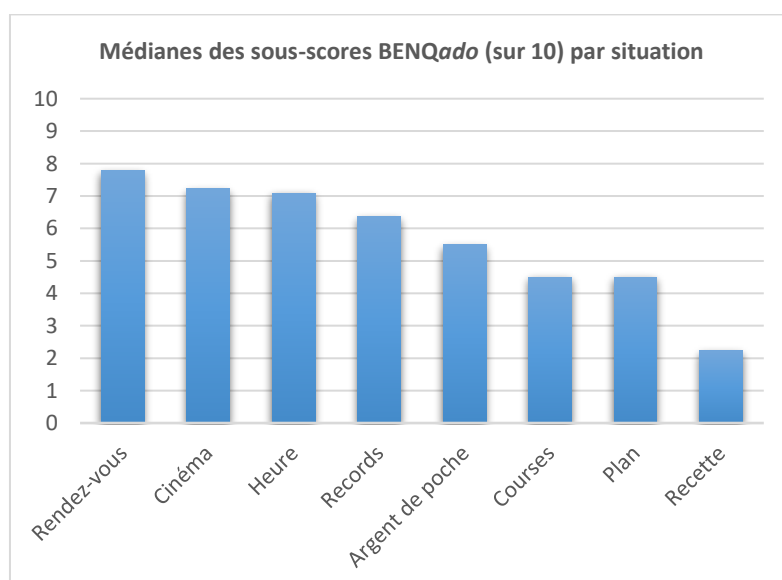


Figure. 1. Classement des performances à la *BENQado* par situations.

Les performances des 6 participants ayant passé le test Examath 8-15 sont également hétérogènes, les scores variant de 161 à 226 sur 384 (médiane de 208), ce score total correspondant à la somme des scores obtenus à chacune des 9 épreuves retenues au sein de

la batterie. Il n'existe a priori pas de différence entre le score des adolescents ayant fait une passation de l'Examath 8-15 dans les 6 mois précédents et celui des autres adolescents ( $p = 1$ ). 4 adolescents sur 6 ont plus de la moitié de leurs scores inférieurs ou égaux à P10 et tous ont plus de la moitié de leurs scores inférieurs ou égaux à P25 (voir tableau 2). Compte tenu de l'impossibilité de calculer un temps de passation total (les temps relevés automatiquement par le logiciel étant mesurés de façon non comparables suivant les épreuves) et de l'absence de norme relative à un temps de passation total établie pour cette batterie, le temps de passation de l'Examath 8-15 n'a pas fait l'objet d'analyses plus approfondies.

Tableau 2. Examath 8-15 : position des scores des participants par rapport à la norme.

Patient	Relation arabe/analogique	Trans-codage	Fluence arithmétique	Calcul mental complexe	Estimation de résultat	Équivalence et comparaison	Problèmes de mesures	Problèmes transformation additive	Problèmes composés Grands	Pourcentage d'épreuves < P10	Pourcentage d'épreuves < P25
M2	Med	Med	P5	P5	Med	P25	P25	P25	P25	22	67
M3	Med	Med	P25	Med	Med	P5	P5	P5	P25	33	56
M4	Med	P5	P5	P5	P90	P5	P5	P5	P5	78	78
M5	P5	P5	P5	P5	P5	P10	P5	P5	P5	100	100
H2	Med	>P95	P5	P5	P25	Med	P10	P5	P5	56	67
H3	P90	P5	Med	P5	P75	P5	P25	P5	P5	56	67

■ <P10 ■ <P25

Les moyennes scolaires de mathématiques obtenues par les 9 participants au premier trimestre sont très inégales. Elles s'étendent de 7 à 14 sur 20 (médiane de 10,5), 56% des jeunes ayant une note supérieure à 10. Aucune différence significative n'a pu être remarquée entre les notes des adolescents bénéficiant d'aménagements en classe et les notes des autres adolescents.

#### 4. Analyse de la validité de construit

Il existe une différence significative entre les scores et les temps de passation à la *BENQado* des participants à l'étude et ceux de la population contrôle (respectivement  $p = 0,0006$  et  $p = 0,0001$ ). De même, la comparaison des rangs relatifs aux sous-scores obtenus pour chaque situation évaluée par la batterie montre une différence significative (les courses, l'argent de poche, le cinéma, la recette, le plan et les records :  $p < 0,005$ ) entre ces 2 groupes, ou du moins la suggère (l'heure et le rendez-vous :  $p < 0,05$ ). D'autre part, en ce qui concerne la comparaison des scores, sous-scores et temps réalisés à la *BENQado* par les participants de l'étude avec la norme correspondante, 6 participants obtiennent un score total inférieur ou égal à P10, 5 participants obtiennent au moins la moitié de leurs sous-scores inférieurs ou égaux à P10 et 7 participants réalisent un temps total supérieur à P90. En considérant une norme moins stricte, la totalité des participants obtient non seulement un score total, mais aussi au moins la moitié des sous-scores, ne dépassant pas le seuil P25 tandis que 8 participants réalisent un temps total supérieur à P75, le seul adolescent réalisant un temps total inférieur à P75 obtenant néanmoins un score inférieur ou égal à P10 (voir tableau 3).

Tableau 3. BENQado : position des scores, sous-scores et temps des participants par rapport à la norme.

Patient	Heure	Courses	Argent de poche	Rendez-vous	Cinéma	Recette	Plan	Records	Pourcentage d'épreuves < P10	Pourcentage d'épreuves < P25	Score BENQado total	Temps BENQado total
M1	Med	P10	P10	Med	Med	P10	P10	P10	62,5	62,5	P10	>P90
M2	P90	P25	P25	Med	Med	P10	P10	P90	25	50	P25	>P90
M3	P10	P25	P25	Med	P25	P90	P25	P25	12,5	75	P25	>P90
M4	P10	P25	P25	P10	P10	P10	P10	P10	62,5	100	P10	>P90
M5	P25	P10	P25	P25	P10	P10	P10	P10	50	100	P10	>P90
H1	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	P10	87,5	100	P10	>P90
H2	P10	Med	Med	P10	Med	P10	P25	P25	37,5	62,5	P10	>P90
H3	P90	P75	P25	Med	P10	P10	P25	P25	25	62,5	P25	P90
H4	Med	P10	P10	P10	Med	P10	P25	P25	50	75	P10	P75

■ <P10 ■ <P25

Bien que la plainte générale tende à être inversement proportionnelle au score total obtenu à la BENQado, aucune corrélation significative n'a pu être retrouvée entre les rangs relatifs à la plainte générale des participants et ceux relatifs à leurs performances à la BENQado, que ce soit au niveau du score ( $p = 0,069$ ) ou du temps ( $p = 0,2749$ ) obtenus audit test. Les rangs relatifs aux sous-scores de la BENQado n'apparaissent pas non plus corrélés à ceux relatifs aux plaintes ressenties face aux situations particulières correspondantes (voir annexe C). De la même façon, il ne ressort pas de corrélation significative entre les rangs se rapportant à la moyenne de ces plaintes par situation et ceux se rapportant aux scores et temps de la BENQado.

## 5. Analyse de la validité concurrente

Aucune corrélation significative n'a été retrouvée entre les rangs relatifs au score obtenu par chaque participant à la BENQado et ceux relatifs à leur score à l'Examath 8-15 ( $p = 0,08$ ). Toutefois, parmi les 6 adolescents ayant passé les 2 tests, les 2 adolescents ayant obtenu les scores les plus faibles à la BENQado obtiennent également les scores les plus faibles à l'Examath 8-15 ; de même pour les 3 adolescents ayant obtenu les scores les plus élevés à la BENQado et à l'Examath 8-15. Les 2 tests tendent donc à classer les participants dans un ordre relativement similaire. En outre, quel que soit le seuil retenu (P10 ou P25), les 2 tests positionnent les résultats (score total à la BENQado et au moins la moitié des sous-scores à l'Examath 8-15) des participants de la même façon par rapport à la norme, sauf pour H3 qui est positionné sous P10 à l'Examath 8-15 mais seulement sous P25 à la BENQado. La comparaison des rangs se rapportant aux sous-scores de la BENQado avec ceux se rapportant aux scores des épreuves correspondantes de l'Examath 8-15 n'a pas non plus permis de mettre en évidence de corrélations significatives, hormis entre les scores obtenus à la situation du plan (BENQado) et ceux obtenus à l'épreuve Relation arabe / analogique de l'Examath 8-15 ( $p = 0,0012$ ) (voir annexe D).

L'étude ne permet de démontrer aucune corrélation entre le rang résultant du score obtenu à la *BENQado* et celui résultant de la moyenne scolaire de mathématiques du premier trimestre ( $p=0,8647$ ), il semblerait même que ces résultats tendent à être inversement proportionnels. En outre, les résultats recueillis ne permettent pas d'établir une corrélation inverse entre le temps réalisé à la *BENQado* et la moyenne scolaire du premier trimestre ( $p = 0,7650$ ).

## 6. Analyse de la validité d'apparence

L'évaluation des niveaux d'appréciation de la *BENQado* est assez hétérogène en fonction des participants. Ces derniers évaluent l'outil de 5 (« Pas désagréable ») à 10 (« J'ai beaucoup aimé ») sur 10 (médiane de 9 « J'ai aimé » et 67% des participants ayant attribué un score égal ou supérieur à 8 « J'ai aimé »). Qualitativement, les adolescents ont globalement aimé le scénario développé tout au long des épreuves et centré autour des intérêts des adolescents (achat d'une tablette numérique, organisation d'une soirée pizza, lecture de records étonnants trouvés sur internet...) associé à la manipulation concrète d'un matériel réaliste. Une participante a par ailleurs apprécié le fait que le test lui avait permis de prendre conscience de certaines difficultés auxquelles elle risquait d'être confrontée dans le futur. Les plus mauvaises évaluations du test ont été attribuées, malgré certains de ces commentaires positifs, en raison du caractère décourageant de certaines épreuves jugées trop difficiles et trop récurrentes, le test pouvant alors se révéler trop long et fatigant.

L'évaluation du niveau de pertinence de la *BENQado* est lui aussi assez hétérogène en fonction des participants. Les résultats s'étendent également de 5 à 10 sur 10 (médiane de 9, 67% des participants ayant attribué un score égal ou supérieur à 8). Les jeunes ont jugé que certaines situations étaient très représentatives du quotidien (la recette, le rendu de monnaie au cinéma, la lecture de l'heure) tandis que d'autres l'étaient beaucoup moins (en particulier les courses, encore presque exclusivement réalisées par leurs parents, ou le calcul du temps de trajet dans l'épreuve du cinéma, calcul qu'ils n'effectuent jamais sans l'aide d'un outil informatique l'effectuant automatiquement).

Enfin, les participants auto-évaluent leur anxiété lors de la passation de la *BENQado* de 0 (« Détendu ») à 5 (« Stressé ») sur 10 (« J'ai cru mourir ») pour une médiane de 2 (« Assez détendu »), 67% des participants ayant attribué un score inférieur ou égal à 2. Bien que 2 participants se soient sentis « Un peu stressé(s) » (4) et un autre « Stressé » (5), notamment en raison d'une trop importante quantité d'informations complexes à traiter, aucun ne s'est véritablement senti « Paniqué » (8-9) ou davantage. D'ailleurs, les résultats ne mettent pas en évidence d'effet significatif de ce niveau d'anxiété sur les scores ni sur les temps réalisés

à la *BENQado*. Ce niveau d'anxiété n'est pas significativement différent de celui éprouvé lors de la passation de l'Examath 8-15. Il ne l'est pas non plus de celui ressenti en général face aux nombres au quotidien. L'association entre les rangs de ce niveau d'anxiété générale et ceux du niveau d'anxiété ressenti pendant la passation de la *BENQado* suggère d'ailleurs une corrélation entre ces 2 niveaux ( $p = 0,0142$ ).

## 7. Vérification des biais et facteurs explicatifs

Les circonstances de passation n'ont pas eu d'effet significatif sur les résultats. Ainsi, les 9 participants n'ont pas obtenu à la *BENQado* de score ni de temps significativement différents en raison du lieu de passation, de l'identité de l'examinatrice ayant effectué la passation ou encore de l'ordre de passation des 2 tests proposés ( $p > 0,05$ ). De même, il n'est observé aucune différence significative au niveau des scores et temps obtenus à la *BENQado* ( $p > 0,05$ ) en raison du niveau d'anxiété générale ni en raison des caractéristiques socio-démographiques et personnelles des adolescents (âge, sexe, PCS des parents, latéralité, type de classe de 3<sup>ème</sup>, bilinguisme, projet d'orientation après la 3<sup>ème</sup> et après le lycée, comorbidités, durée de rééducation), hormis un effet suggéré de l'âge ( $p = 0,0486$ ) et du type de classe de 3<sup>ème</sup> ( $p = 0,02$ ) sur le score, les participants les plus jeunes et ceux ne bénéficiant pas d'aménagements en classe ayant obtenu un meilleur score. Les différentes habitudes au quotidien concernant l'argent de poche n'ont pas non plus d'impact statistiquement significatif sur le score total, le sous-score obtenu à la situation de l'argent de poche ni sur le temps de la *BENQado*.

## DISCUSSION (MOUSSAULT)

### 1. Objectifs

La présente étude visait à démontrer les éléments de validité réalisables et prioritaires de la *BENQado*, nouvel outil d'évaluation écologique du nombre chez les collégiens de 3<sup>ème</sup>, afin de poser les premiers jalons objectivant sa pertinence.

#### A. Validité de construit

Le premier objectif consistait à vérifier que cette nouvelle batterie d'évaluation permet effectivement de mesurer les répercussions au quotidien d'un déficit des habiletés numériques des adolescents de 3<sup>ème</sup>. Dans la mesure où les enfants dyscalculiques éprouvent des difficultés à « maîtriser de nombreux concepts mathématiques », ainsi que les différentes représentations et terminologies du nombre (codes analogique, arabe et verbal) et leurs

relations (transcodages) (Kucian et von Aster, 2015) et où divers domaines de la vie quotidienne nécessitent l'usage du nombre et de ces concepts mathématiques (Chan et Wong, 2020), les difficultés en mathématiques des jeunes dyscalculiques se répercutent dans différents aspects de la vie quotidienne (Geary, 2011). En conséquence, les adolescents dyscalculiques sont supposés échouer à un test, tel que la *BENQado*, évaluant des compétences dans le cadre de situations quotidiennes faisant systématiquement intervenir le nombre. De même, il est attendu que leurs compétences à un tel test soient corrélées à leur plainte relative à ces situations du quotidien.

Dans cette étude, la différence significative de performances obtenues par les participants dyscalculiques avec celles obtenues par la population contrôle, que ce soit au niveau des scores ou du temps, vient étayer le fait que la batterie mesure effectivement les compétences numériques des jeunes. Cet argument est renforcé par le fait que la *BENQado* positionne la majorité des participants sous le 10<sup>ème</sup> percentile et l'ensemble d'entre eux sous le 25<sup>ème</sup> percentile, ce qui irait en faveur d'une excellente sensibilité du test en considérant le seuil P25 pour les scores, ceci d'autant qu'aucun effet plancher ou plafond n'a été retrouvé. En effet, pour les outils dont la normalisation aboutit à des résultats avec une distribution non gaussienne (comme c'est le cas pour la *BENQado*), la littérature actuelle (Green et Gallagher, 2014, cités par Lafay et Cattini, 2018) évoque le 10<sup>ème</sup> percentile comme seuil révélateur de troubles des apprentissages en mathématiques, le seuil du 35<sup>ème</sup> percentile signant la présence de difficultés mathématiques, tandis que certains auteurs encouragent plutôt la fixation d'un seuil normatif propre à chaque test, déterminé suivant les données issues du processus de validation (Leclercq et Veys, 2014, cités par Lafay et Cattini, 2018). Pour la *BENQado*, une norme moins stricte (seuil P25, intermédiaire entre P10 et P35) pourrait ainsi être éventuellement envisagée après mise en parallèle de la sensibilité de la batterie avec sa spécificité : il s'agirait de vérifier que le seuil ainsi fixé a un bon pouvoir discriminant, *i.e.* qu'il n'admet ni trop de faux-négatifs (pas plus de 20% maximum pour être suffisamment sensible) ni trop de faux-positifs (pas plus de 20% maximum pour être suffisamment spécifique) (Lafay et Cattini, 2018). Il serait intéressant de mener une telle vérification à travers une future étude sur un échantillon plus large regroupant à la fois des participants dyscalculiques et contrôles.

Contrairement aux premières analyses effectuées auprès de la population contrôle, la corrélation entre les résultats à la *BENQado* et la plainte des participants dyscalculiques n'a, elle, pas pu être statistiquement démontrée dans le cadre de l'étude, mitigeant ainsi les arguments avancés pour la vérification de la validité de construit de la batterie. Néanmoins,

la faible corrélation entre la plainte des patients et les résultats obtenus aux tests est généralement observée (Goldberg *et al.*, 2020), et notamment retrouvée dans les travaux de validation de la Batterie Ecologique du Nombre au Quotidien (BENQ), dont a été inspirée la *BENQado* (Villain *et al.*, 2015). Les importantes disparités au sein de la population adolescente (Dumontheil, 2016), ceci d'autant plus au sein d'un échantillon intégrant des jeunes ayant des tableaux cliniques très variés en raison des différentes comorbidités et étiologies de leur dyscalculie, impliquent par ailleurs nécessairement une grande hétérogénéité dans les résultats. De plus, la forte modération de leur plainte par certains adolescents ayant pourtant manifesté des difficultés très importantes dans le cadre des tests d'évaluation numérique, peut-être en raison d'une conscience limitée de leurs difficultés au quotidien en lien avec une expérience insuffisante face aux situations de la vie courante impliquant le nombre, est également susceptible d'avoir eu un impact. Trott (2015) évoque en effet ces stratégies d'évitement et de contournement de telles situations chez les jeunes adultes dyscalculiques, population finalement peu éloignée de celle de notre étude, quoique les collégiens initient tout juste leur processus d'autonomisation (Cannard, 2015). Plusieurs participants ont d'ailleurs signalé que certaines des situations du test étaient encore exclusivement réalisées par leurs parents. Par ailleurs, le questionnaire relatif à l'argent de poche montre que les participants sont encore peu confrontés à une véritable gestion de leur argent (contrôlé par les parents qui le distribuent de façon irrégulière en fonction des besoins, non véritablement utilisé par plusieurs jeunes, ou parfois de façon impulsive).

## **B. Validité concurrente**

D'une part, l'absence de preuve statistique de corrélation entre les résultats obtenus à la *BENQado* et ceux obtenus avec un outil de référence, l'Examath 8-15, est nuancée par le fait que de nombreux éléments démontrent malgré tout une adéquation entre les 2 tests, la *BENQado* permettant notamment de mettre en évidence des difficultés dans les mêmes proportions, ou presque, que l'Examath 8-15. Le fait que la comparaison entre les épreuves de chaque test ne donne lieu à presque aucune correspondance directe peut s'expliquer par le fait que les situations de la vie quotidienne, reproduites dans la *BENQado*, sollicitent de nombreuses autres aptitudes que les compétences numériques, et notamment un recours accru aux fonctions exécutives, ce qui est susceptible d'affecter différemment les scores de si les compétences numériques étaient évaluées purement à travers un outil analytique (Villain *et al.*, 2015). L'intérêt d'élaborer une nouvelle batterie écologique était d'ailleurs de proposer un outil complémentaire au test analytique de référence, respectant ainsi l'évolution conceptuelle induite par la CIF, laquelle incite à prendre en compte la limitation d'activité

et la restriction de participation (en plus du déficit lui-même) et implique par conséquent d'évaluer les habiletés fonctionnelles plutôt que d'insister sur le diagnostic des troubles (Nguyen *et al.*, 2018). En outre, la faible taille de l'échantillon ( $n = 6$ ) peut contribuer à expliquer l'absence de significativité dans les résultats statistiques.

D'autre part, la comparaison avec un standard scolaire (la moyenne scolaire de mathématiques du premier trimestre dans cette étude) n'a pas non plus permis d'établir une validité concurrente. Se pose néanmoins la question de la représentativité de cette moyenne et de son caractère référentiel : la tendance à une corrélation inversée pourrait laisser supposer que les participants qui avaient le plus de difficultés tendent à être également ceux qui bénéficiaient d'une évaluation la moins sévère en classe (aménagements palliant les difficultés, plus grande indulgence au niveau de la notation dans les classes spécialisées). Il serait intéressant, dans une future étude, de comparer les résultats de la *BENQado* avec des notes harmonisées au niveau national. Les notes du brevet des collèges ou du baccalauréat pourraient alors être utilisées dans le cadre de l'analyse de la validité prédictive.

### C. Validité d'apparence

Cette étude a permis d'établir une assez bonne validité d'apparence de la *BENQado*, dans la mesure où le test a été globalement bien apprécié, qu'il a été majoritairement jugé pertinent et représentatif du quotidien, tout en restant relativement peu anxiogène (du moins pas plus que dans d'autres situations faisant intervenir le nombre et pas au point d'affecter les performances). Ce dernier objectif semblait essentiel afin de permettre une bonne adhésion des adolescents dyscalculiques pour lesquels l'enfermement dans un sentiment d'échec peut conduire à un rejet des situations de test (Estienne, 2010). De plus, la prise de conscience, grâce à un test écologique, de certaines difficultés auxquelles les jeunes peuvent être confrontés au quotidien, comme cela a été le cas pour certains (contrôles ou dyscalculiques) ayant passé la *BENQado*, pourrait s'avérer un véritable atout pour restaurer une alliance thérapeutique parfois fragilisée à l'adolescence : le fait de réorienter la rééducation autour de sujets pour lesquels ces jeunes se sentiraient plus concernées pourrait aider à lutter contre le désinvestissement des séances souvent rencontré à l'adolescence (Bouteyre et Loue, 2012), lequel semble fréquemment aboutir à une pause ou une cessation totale de la prise en charge ainsi que l'a rapporté une grande partie des orthophonistes contactés dans le cadre du recrutement.

## 2. Validité des résultats de l'étude

### A. Représentativité de l'échantillon

Afin de garantir la meilleure représentativité de l'échantillon de l'étude, n'étaient pas exclus d'office les jeunes souffrant de comorbidités accompagnant fréquemment la dyscalculie : dyslexie (Moll, Snowling et Hulme, 2020), Trouble du Déficit de l'Attention et de l'Hyperactivité, anxiété mathématique, autres symptômes psychopathologiques (Kucian et von Aster, 2015 ; Carey, Hill, Devine et Szűcs, 2016, cités par Iuculano, 2016 ; Haberstroh et Schulte-Körne, 2019). D'ailleurs, l'un de ces diagnostics avait été posé pour plus de la moitié des adolescents inclus dans l'étude. La population de l'étude comptait toutefois une sur-représentation de participants de sexe féminin là où la littérature ne relève qu'une légère prédominance de filles au sein de la population dyscalculique (Kucian et von Aster, 2015). Quant à l'âge moyen des participants de l'étude, il était sensiblement supérieur à celui de la population contrôle.

### B. Effet des caractéristiques individuelles

L'effet des différentes variables a été contrôlé, y compris celui de l'anxiété face au nombre, l'anxiété mathématique étant une comorbidité fréquente reconnue comme affectant les compétences mathématiques (Suárez-Pellicioni, Núñez-Peña et Colomé, 2016). Finalement, les résultats suggèrent que seuls l'âge et le type de classe de 3<sup>ème</sup> ont eu un impact sur les scores à la *BENQado*. Ces caractéristiques pourraient dès lors être prises en considération afin d'établir une norme stratifiée en fonction de ces caractéristiques.

### C. Limites

Malgré les précautions prises dans le cadre de l'élaboration du projet d'étude, il est probable que certains facteurs, outre la taille réduite de l'échantillon, aient pu influencer sur les résultats et ainsi se répercuter au niveau des diverses analyses : le manque d'homogénéité au sein du groupe d'étude, le manque de confrontation au quotidien de jeunes collégiens débutant leur processus d'autonomisation, ou encore le manque d'outils d'évaluation disponibles impliquant la sélection d'un étalon non totalement comparable à un test écologique (l'Examath 8-15 qui évalue des compétences pures de façon analytique) ou non nécessairement représentatifs (moyenne scolaire de mathématiques du 1<sup>er</sup> trimestre de 3<sup>ème</sup>).

### 3. Perspectives

#### A. Poursuite du processus de validation

Dans le cadre de cette étude, la plus grande attention a été portée à la satisfaction des exigences des nouvelles recommandations en termes de terminologie statistique (Laccourreye *et al.*, 2019) ainsi que des standards psychométriques reconnus par la communauté scientifique (American Educational Research Association, American Psychological Association et National Council on Measurement in Education, 2014). Conformément à ces standards, de futures études devront permettre d’approfondir certaines qualités psychométriques considérées comme primordiales. En premier lieu, il sera utile de tester la sensibilité du test sur une large population incluant des adolescents dyscalculiques et contrôles, tout en la mettant en rapport avec sa spécificité. Un autre élément fondamental sera l’examen de la fidélité de l’outil (temporelle et inter-juges). Enfin, il pourra être intéressant de s’intéresser à sa cohérence interne de même qu’à sa validité prédictive et de vérifier les hypothèses qui n’ont pu l’être dans la présente étude par l’intermédiaire de l’établissement d’un nouveau protocole.

#### B. Interprétations de ce nouvel outil

La *BENQado* constitue un outil complémentaire des tests analytiques existants. Elle permettra de mettre en évidence l’existence ou non de difficultés numériques dans la vie quotidienne (étude des scores et temps globaux) et/ou d’identifier les domaines de la vie courante les plus impactés par ces difficultés (sous-scores et sous-temps des situations composant le test). Dans tous les cas, au regard des déficits relevés dans les tests analytiques, ces résultats permettront d’orienter les axes de prise en charge. Il sera par ailleurs intéressant, dans le cadre de la poursuite de la validation de l’outil, de procéder à l’étude des corrélations entre les différents subtests et d’analyser la possibilité de définir des scores par type de compétences testées.

### CONCLUSION (MOUSSAULT)

L’objectif de la présente étude consistant à démontrer les premiers éléments de validité d’un nouvel outil d’évaluation écologique du nombre auprès des collégiens de 3<sup>ème</sup>, la *BENQado*, n’a pu être que partiellement atteint. La validité d’apparence de la batterie a pu être démontrée sous différents aspects (test globalement bien apprécié, jugé majoritairement pertinent et représentatif du quotidien, tout en restant relativement peu anxiogène). La

validité de construit n'a pu être intégralement confirmée, seule la preuve d'une différence significative avec la population contrôle ayant pu être apportée tandis que la corrélation à la plainte ne ressort pas de façon flagrante. Quant à l'analyse de la validité concurrente, elle est très mitigée, le lien avec un test analytique de référence (l'Examath 8-15) d'une part et les résultats scolaires en mathématiques d'autre part n'ayant pu être véritablement vérifié.

La poursuite de la validation de la *BENQado* apparaît donc essentielle. Ce nouvel outil permettant l'évaluation des capacités numériques fonctionnelles, et non plus dans un cadre analytique ou académique, est le vecteur d'une prise de conscience des difficultés réelles rencontrées au quotidien par les adolescents dyscalculiques. Il pourra favoriser, d'une part, l'orientation de la prise en charge autour de sujets pour lesquels ces jeunes se sentiraient plus concernés, et d'autre part, l'évaluation de l'impact de cette prise en charge dans le quotidien du patient, l'objectif de la remédiation n'étant pas uniquement la réduction d'un déficit mais aussi, et surtout, la généralisation des progrès dans la vie courante.

## **BIBLIOGRAPHIE NORMES A.P.A. (6<sup>e</sup> ED.)**

- American Educational Research Association, American Psychological Association et National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for Educational and Psychological Testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Bouteyre, E. et Loue, B. (2012). L'adhésion thérapeutique chez l'adolescent atteint de maladie chronique : état de la question. *Archives de pédiatrie*, 19(7), 747-754.
- Cannard, C. (2015). *Le développement de l'adolescent : l'adolescent à la recherche de son identité*. Louvain-la-Neuve, Belgique : De Boeck.
- Chan, W. W. L., et Wong, T. T.-Y. (2020). Subtypes of mathematical difficulties and their stability. *Journal of Educational Psychology*, 112(3), 649–666.
- Dumontheil, I. (2016). Adolescent brain development. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 10, 39-44.
- Estienne, F. (2010). Adolescents, dyslexie et difficultés scolaires : réflexions et action : Quand la théorie sait mais que rien ne fonctionne ! *Développements*, 4(1), 37-44.
- Geary, D. C. (2011). Consequences, characteristics, and causes of mathematical learning disabilities and persistent low achievement in mathematics. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 32(3), 250-263.
- Goldberg, S. M., Lopez, O. L., Cohen, A. D., Klunk, W. E., Aizenstein, H. A., Mizuno, A. et Snitz, B. E. (2020). The roles of study setting, response bias, and personality in

- subjective memory complaints of cognitively normal older adults. *International Psychogeriatrics*, 1-12.
- Haberstroh, S. et Schulte-Körne, G. (2019). Clinical practice guideline: The diagnosis and treatment of dyscalculia. *Deutsches Ärzteblatt International*, 116, 107-14.
- Iuculano, T. (2016). Neurocognitive accounts of developmental dyscalculia and its remediation. *Progress in Brain Research*, 227(12), 305-33.
- Kucian, K. et von Aster, M. (2015). Developmental dyscalculia. *European Journal of Pediatrics*, 174(1), 1-13.
- Laccourreye, O., Lisan, Q., Bonfils, P., Garrel, R., Jankowski, R., Karkas, A., ... Martin, C. (2019). Use of P-values and the terms “significant”, “non-significant” and “suggestive” in Abstracts in the European Annals of Otorhinolaryngology, Head & Neck Diseases. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 136(6), 469-473.
- Lafay, A. et Cattini, J. (2018). Analyse psychométrique des outils d'évaluation mathématique utilisés auprès des enfants francophones. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 42(2), 127-144.
- Lafay, A. et Helloin, M.-C. (2016). Examath 8-15, *Batterie informatisée d'examen des habiletés mathématiques*. Grenade, France : HappyNeuron.
- Moll, K., Snowling, M. J. et Hulme, C. (2020). Introduction to the special issue “Comorbidities between reading disorders and other developmental disorders”. *Scientific Studies of Reading*, 24(1), 1-6.
- Nguyen, T., Stewart, D., Rosenbaum, P., Baptiste, S., Kraus de Camargo, O. et Gorter, J. W. (2018). Using the ICF in transition research and practice? Lessons from a scoping review. *Research in Developmental Disabilities*, 72, 225-239.
- Soares, N., Evans, T. et Patel, D. R. (2018). Specific learning disability in mathematics: A comprehensive review. *Translational Pediatrics*, 7(1), 48-62.
- Suárez-Pellicioni M., Núñez-Peña, M. I. et Colomé, A. (2016). Math anxiety: A review of its cognitive consequences, psychophysiological correlates, and brain bases. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, 16(1), 3-22.
- Trott, C. (2015). Dyscalculia in Higher Education: Systems, support and student strategies. Dans S. Chinn (dir.), *The Routledge International Handbook of Dyscalculia and Mathematical Learning Difficulties* (p. 406-419). Abingdon, OX: Taylor & Francis Group.
- Villain, M., Tarabon-Prévost, C., Bayen, E., Robert, H., Bernard, B., Hurteaux, E. et Pradat-Diehl, P. (2015). Ecological Assessment Battery for Numbers (EABN) for brain-damaged patients: Standardization and validity study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 58(5), 283-288.

# ANNEXES

## Annexe A. Descriptif des épreuves et normes de la BENQado.

Norme BENQado (n=60)	Score	p10	p25	Médiane	p75	p90
<b>SCORE TOTAL</b>	80	49,12	60,94	66,62	70,19	72,5
<b>TEMPS (en secondes)</b>		626,3	751,5	911	1097,5	1269,6
<b>Subtests</b>						
<b>1. LECTURE DE L'HEURE</b>						
1A - Décodage analogique (7 items) ⌚	12	7,3	9,25	10,62	11,5	11,97
1B - Transcodage numérique vers analogique (4 items) ⌚						
1C - Décodage numérique (6 items) ⌚						
<b>2. LES COURSES</b>						
2A - Calcul mental complexe ⌚						
2B - Paiement en espèces d'une somme exacte. ⌚						
2C - Recherche d'un sous-total à la calculatrice. ⌚	10	4	5,5	6,75	7,5	8,45
2D - Évaluation du prix d'un article courant						
2E - Partage des frais – stratégie						
2F - Partage des frais – estimation ⌚						
2G - Partage des frais – calcul posé ⌚						
<b>3. L'ARGENT DE POCHE</b>						
3A - Calcul d'épargne ⌚						
3B - Sommes d'argent (1) ⌚						
3C - Sommes d'argent (2) ⌚	10	4,5	6,25	9	9,5	10
3D - Comparaison ⌚						
3E - Choix offre promotionnelle ⌚						
3F - solde après achat ⌚						
3G - Comparaison de données chiffrées (soldes) (4 items) ⌚						
<b>4. LE RENDEZ-VOUS</b>						
4A - Repérage sur un calendrier annuel : à l'échelle des mois. ⌚						
4B - Repérage sur un calendrier : à l'échelle des semaines. ⌚	9	6,05	7	8		9
4C - Écriture sous dictée de coordonnées. ⌚						
4D - Donner ses propres coordonnées						
<b>5. LE CINEMA</b>						
5A - Choix d'un horaire en fonction de données temporelles. ⌚						
5B - Comparaison de données temporelles ⌚						
5C - Confirmation calcul de l'heure ⌚	9	5	6,5	7	8	9
5D - Calcul de monnaie rendue. ⌚						
5E - Vérification de monnaie rendue. ⌚						
5F - Calcul de données temporelles. ⌚						
<b>6. LA RECETTE</b>						
6A - Mesure de quantités pour 2 ⌚						
6B - Proportionnalités ⌚	9	4	6	7	8	9
6C - Conversion g/kg ⌚						
6D - Ajout d'une personne ⌚						
<b>7. LE PLAN</b>						
7A - Estimation surface/dimensions ⌚						
7B - Manipulation du mètre ⌚						
7C - Conversion mm/cm/m ⌚	10	4,55	7	8	9	10
7D - Lecture dimensions						
7E - Comparaison sur tableau à double entrée ⌚						
<b>8. RECORDS</b>						
8A - Lecture de données chiffrées (4 items)						
8B - Lecture de données chiffrées, record pizza (2018)						
8C - Conversion de longueurs, record pizza (2018)						
8D - La salle de cinéma la plus fréquentée au monde - lecture						
8E - La salle de cinéma la plus fréquentée au monde - transcription						
8F - Ecriture de données chiffrées	11	6,55	9	10		11

## Annexe B. Principaux résultats.

Score maximal	Plainte générale	Moyenne plaintes / domaines	Appréciation BENOADO	Pertinence BENOADO	Anxiété générale	Anxiété BENOADO	Anxiété EXAMATH	TEST BENOADO											Score total EXAMATH	Moyenne scolaire maths T1
								Heure	Courses	Argent de poche	Rendez-vous	Cinéma	Recette	Plan	Records	Score total	Temps total (en s.)			
M1	1	3,92	9	5	2	2	10	10	1	3,5	7,5	7	2	2,5	3	36,5	1897	384	11	
M2	0	2,38	9	10	1	0	11,75	5,5	5	8	7	0	3,5	11	51,75	1714	226	7		
M3	0	0,42	10	8	0	0	5,75	4,5	6	8	6,5	9	5,5	9	54,25	1271	225	13,02		
M4	5,5	4,29	5	10	4	2	3,75	4,5	5,5	6	2	2	4,5	5,5	33,75	2352	171	9,62		
M5	3,5	4,13	8	7	2	2	8,5	2,5	6	7	4	4	2,5	5	39,5	1572	161	9,7		
H1	6	2,92	10	9	4	5	5	2	2,5	3,5	1	0	1,5	4,5	20	3698	191	14		
H2	4	4,08	6	10	3	4	3,5	6	7	5,5	7	3	5	7,5	44,5	3013	225	9		
H3	4	3,00	10	10	3	4	11,25	7,5	5,5	8	5	2	6	7,5	52,75	1256	225	13		
H4	4	2,92	6	6	3	1	10,25	3,5	4	5,5	7	1	5	7	43,25	987	208	10,5		
Médiane	4	3	9	9	3	2	8,5	4,5	5,5	7	6,5	2	4,5	7	43,25	1714	208	10,5		

En rouge: minimum recueil. En vert: maximum recueil.

## Annexe C. Corrélation entre les sous-scores BENQado et la plainte.

Situations BENQado	Auto-évaluation plainte	P value (corrélation Spearman)	
1 - Heure	B - Lire l'heure	0,615	NS
2 - Courses	C - Evaluer un prix total	0,219	NS
2 - Courses	D - Payer une somme exacte	0,2371	NS
3 - Argent de poche	F - Calculer un prix soldé	0,6952	NS
3 - Argent de poche	G - Gérer l'argent de poche	0,7893	NS
4 - RDV	H - Se repérer dans un calendrier	0,7197	NS
5 - Cinéma	E - Vérifier la monnaie	0,5628	NS
5 - Cinéma	I - Choisir un horaire	0,1075	NS
5 - Cinéma	J - Prévoir un temps de trajet	0,44	NS
6 - Recette	K - Lire, mesurer, convertir des quantités (poids)	0,5698	NS
6 - Recette	M - Lire, mesurer, convertir des volumes	0,4612	NS
7 - Plan	L - Lire, mesurer, convertir des longueurs	0,5949	NS
8 - Records	L - Lire, mesurer, convertir des longueurs	0,1747	NS

## Annexe D. Corrélation entre les sous-scores BENQado et Examath 8-15.

Situations BENQado	Epreuves Examath	P value (corrélation Spearman)	
1 - Heure	II.1 Transcodage	0,4247	NS
2 - Courses	III.1 Fluence arithmétique	0,4615	NS
2 - Courses	III.2 Calcul mental complexe	0,3812	NS
2 - Courses	III.3 Estimation de résultat	0,5515	NS
2 - Courses	V.2 Problèmes composés Grands	0,4784	NS
3 - Argent de poche	I.1 Relation arabe/analogique	0,8191	NS
3 - Argent de poche	III.1 Fluence arithmétique	0,6534	NS
3 - Argent de poche	III.2 Calcul mental complexe	0,7126	NS
3 - Argent de poche	V.1 Problèmes transformation additive	0,0528	NS
3 - Argent de poche	V.2 Problèmes composés Grands	0,7262	NS
4 - RDV	II.1 Transcodage	0,6816	NS
5 - Cinéma	III.2 Calcul mental complexe	0,2644	NS
5 - Cinéma	IV.2 Problèmes de mesures	0,3206	NS
5 - Cinéma	V.1 Problèmes transformation additive	0,868	NS
5 - Cinéma	V.2 Problèmes composés Grands	0,0625	NS
6 - Recette	I.1 Relation arabe/analogique	0,9776	NS
6 - Recette	III.2 Calcul mental complexe	0,9779	NS
6 - Recette	IV.1 Equivalence et comparaison	0,7841	NS
6 - Recette	IV.2 Problèmes de mesures	0,1651	NS
6 - Recette	V.2 Problèmes composés Grands	0,9092	NS
7 - Plan	I.1 Relation arabe/analogique	0,0012	P < 0,05
7 - Plan	II.1 Transcodage	0,6584	NS
7 - Plan	IV.1 Equivalence et comparaison	0,208	NS
7 - Plan	IV.2 Problèmes de mesures	0,4387	NS
8 - Records	II.1 Transcodage	0,1649	NS
8 - Records	IV.1 Equivalence et comparaison	0,9131	NS

# VALIDATION D'UNE BATTERIE D'ÉVALUATION ÉCOLOGIQUE DU NOMBRE CHEZ LES COLLÈGIENS DE 3<sup>ÈME</sup>

20 pages, 20 références bibliographiques.

## RÉSUMÉ

Le transfert des habiletés numériques dans la vie quotidienne représente un enjeu majeur pour les adolescents souffrant d'un trouble de la cognition mathématique. Pour pallier l'absence d'outil d'évaluation écologique chez les adolescents francophones, une nouvelle Batterie d'Évaluation du Nombre au Quotidien pour les adolescents (BENQado) a été récemment standardisée et normalisée. La présente étude vise à en démontrer les premiers éléments de validité : validité de construit, validité concurrente et validité d'apparence. 9 adolescents dyscalculiques scolarisés en 3<sup>ème</sup> ont ainsi été évalués avec la BENQado et l'Examath 8-15. Leur plainte face au nombre, leurs résultats scolaires, leur appréciation du test ainsi que leur niveau d'anxiété ont été recueillis. Si la validité d'apparence a pu être démontrée, la validité de construit n'a pu être intégralement confirmée, seule la preuve d'une différence significative avec la population contrôle ayant été apportée. La validité concurrente, elle, n'est pas établie, le lien avec un test de référence n'ayant notamment pu être vérifié. De futures études devront donc permettre d'approfondir certaines qualités psychométriques et poursuivre le processus d'accumulation de preuves visant à la validation de l'outil.

Mots clés : Validation psychométrique, Évaluation écologique, Habiletés numériques, Dyscalculie, Adolescent.

## ABSTRACT

The transfer of number-processing abilities into daily life represents a major challenge for adolescents suffering from math learning disorder. To alleviate the lack of an ecological assessment tool for these skills among French-speaking adolescents, a new Ecological Assessment Battery for Numbers for Adolescents has recently been standardized and normalized with junior high school students. This study aims to demonstrate the first elements of validity : construct validity, concurrent validity and face validity. 9 dyscalculic adolescents enrolled in 9th grade were thus assessed with the BENQado and Examath 8-15. Their complaint about number-processing, their academic results, their appreciation of the test as well as their level of anxiety were collected. If the face validity could be demonstrated, the construct validity could not be fully confirmed, only proof of a significant difference with the control population having been provided. The concurrent validity has not been established, the link with a reference test having not been verified in particular. Future studies should therefore allow certain psychometric qualities to be deepened and continue the process of accumulating evidence aimed at validating the tool.

Keywords : Validation, Ecological assessment, Numerical skills, Dyscalculia, Adolescent.