

Working memory training in dyslexia

DOI: 10.57642/AJOPSY-13

Hanae Ammour

hanae.ammour@usmba.ac.ma

Department of Psychology, Faculty of Letters and Human Sciences Dhar El Mehraz, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fes, Morocco

Received: 23/01/2023

Accepted: 25/05/2023

Published: 30/06/2023

Mohammed El-Mir

mohammed.elmir1@usmba.ac.ma

Abstract

This study aims to examine the effect of cognitive remediation of working memory (WM) intervention on the performance of its components among dyslexic students, based on Baddeley's and Hitch (1974) working memory model. To achieve this objective, 36 students with a diagnosis of dyslexia whose age vary between 8 and 12 were chosen as a sample population. They are randomly divided into two groups: the first received experimental WM training for six weeks by the COGMED program of cognitive remediation, while the second serves as a comparison group. The results obtained in pre-test and post-test measurements showed that WM abilities improve significantly only among students who received cognitive training. In fact, a large effect size was noticed in participants' WM abilities. These results are consistent with the literature and studies related to the same topic; thus, using WM training as a tool for cognitive remediation for dyslexic students is possible recommended.

Keywords: working memory; dyslexia; cognitive remediation; WM training; COGMED program.

L'entraînement de la mémoire de travail dans la dyslexie

Hanae Ammour

hanae.ammour@usmba.ac.ma

Département de Psychologie, Faculté des lettres et des sciences humaines Dhar El Mehraz. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fes, Maroc

Reçu: 23/01/2023

Accepté: 25/05/2023

Publié: 30/06/2023

Mohammed El-Mir

mohammed.elmir1@usmba.ac.ma

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet d'une intervention de remédiation cognitive de la mémoire de travail (MDT) sur la performance de ses composantes auprès des élèves dyslexiques, en se basant sur le modèle de la MDT de Baddeley et Hitch (1974). Pour ce faire, un groupe de 36 élèves âgés de 8 à 12 ans, ayant un diagnostic de dyslexie a été recruté. Ils sont assignés aléatoirement en deux groupes : le premier a reçu un entraînement expérimental de la MDT durant six semaines par le programme COGMED de la remédiation cognitive, et le second sert de groupe de comparaison. Les résultats obtenus en mesures des pré-tests et post-tests ont montré que les capacités de la MDT s'améliorent de façon significative et ce, uniquement chez les élèves ayant reçu l'entraînement cognitif. Plus précisément, des améliorations d'une grande taille d'effet sont constatées sur les capacités de la MDT des participants. Ces résultats sont cohérents avec les écrits scientifiques menés sur le même sujet, et permettent de recommander l'entraînement de la MDT comme outil de remédiation cognitive chez les élèves dyslexiques.

Mots clés: mémoire de travail; dyslexie; remédiation cognitive; entraînement de la MDT; le programme COGMED.

Introduction

La dyslexie est un trouble très répandu dans le milieu scolaire, qui panique aussi bien les enfants qui en souffrent que leurs parents. Ce trouble qui affecte de 3 à 5% des élèves, perturbe les mécanismes d'apprentissage liés à l'acquisition du langage écrit (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale [INSERM], 2007), ce qui empêche l'avancement scolaire de ces élèves dyslexiques d'une façon normale. Par conséquent, il s'avère essentiel de développer des interventions novatrices pour soutenir la persévérance et la réussite scolaire de cette population. À ce sujet, les interventions de la remédiation cognitive connaissent une popularité croissante. Basée sur le concept de la plasticité cérébrale, la remédiation cognitive vise l'amélioration du fonctionnement mental.

La mémoire de travail (MDT) est le meilleur prédicteur de la réussite scolaire, son rôle dans l'apprentissage est incontournable car elle facilite la réalisation de plusieurs activités cognitives, notamment en lecture. D'après Baddeley (1986) "la mémoire de travail est un système de maintien temporaire et de manipulation de l'information, nécessaire pour réaliser des activités cognitives complexes, telles que la compréhension, l'apprentissage, le raisonnement". Pour ces raisons, la MDT représente une variable d'intérêt pour soutenir les apprentissages scolaires et améliorer les compétences en lecture. Et puisqu'elle demeure une fonction fréquemment fragilisée, voire altérée, dans les troubles neurodéveloppementaux, il est possible que ses faiblesses retrouvées chez les dyslexiques, nuisent aux apprentissages en lecture. Il est donc proposé d'entraîner la MDT chez cette population et d'observer son amélioration pour chacune de ses unités. L'impact de cet entraînement cognitif sera vérifié de façon plus spécifique sur les trois composantes de la MDT issues du modèle de Baddeley et Hitch (1974), soit la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central en modalité verbale ainsi qu'en modalité visuo-spatiale.

Il a été démontré dans de nombreuses études que la capacité de la mémoire de travail est associée à la performance dans diverses tâches cognitives, comme la lecture de la langue arabe (El-Mir & Naciri, 2019). De leur côté El-Mir (2017, 2018, 2019, 2020, 2022), et Bouayad & El-Mir (2022) expliquent davantage que des données récurrentes montrent que les déficits de la mémoire entraînent des difficultés dans un ensemble de tâches scolaires telles que les mathématiques et la lecture, car son étude sur le rôle de la mémoire dans le rendement scolaire a démontré qu'il existe des corrélations entre la MDT et la performance dans les tâches scolaires, et plus précisément la capacité de la MDT qui affecte les apprentissages scolaires comme la lecture.

Dans d'autres études menées sur des élèves marocains du cycle primaire concernant la lecture de la langue arabe, il a été constaté qu'il existe de fortes corrélations entre la capacité de la MDT et la vitesse de reconnaissance des mots (El-Mir, 2018), aussi des corrélations significatives ont été démontré entre la capacité de la MDT et les performances en lecture. Plus que cela, cette étude a également révélé que les mesures de la mémoire de travail peuvent prédire les performances en lecture, et a conclu que l'évaluation de la capacité de la MDT peut aider au diagnostic précoce des enfants menacés par les difficultés de lecture (El-Mir, 2020).

"La dyslexie est un autre terme utilisé pour décrire un ensemble de problèmes d'apprentissage caractérisé par des difficultés dans la reconnaissance exacte et fluide des mots, un mauvais décodage et des difficultés en orthographe" (American Psychiatric Association [APA], 2015, p.77). Le déficit de la mémoire de travail dans la dyslexie constitue une problématique sérieuse, car la dyslexie est caractérisée non seulement par des difficultés importantes et persistantes pour acquérir le langage écrit, mais également par des déficits associés dont les troubles de la mémoire de travail font partie (Snowling, 2000). Il s'est avéré aussi que la MDT se détériore dans les troubles mentaux tels que le trouble du spectre de l'autisme (Guennach & El-Mir, 2019), et la dépression (Dahbi & El-Mir, 2020). Certains

troubles spécifiques du langage ont été associés au déficit de la capacité de la MDT (Kriblou & El-Mir, 2021).

Rousselle et Abadie (2021) expliquent que la plupart des études indiquent que les enfants et adultes dyslexiques ont des difficultés à la fois dans des tâches de mémoire à court terme ainsi que dans des tâches de MDT. Certaines études montrent toutefois que les sujets dyslexiques ont des performances inférieures à celles du groupe contrôle dans des tâches de MDT visuo-spatiales mais cette différence est moindre en comparaison à celle obtenue dans les tâches de MDT verbales (Gathercole et al., 2016; Peng et al., 2018; Swanson et al., 2009). Comme il a été mentionné, le déficit phonologique demeure l'hypothèse la plus étudiée pour expliquer la dyslexie. Or, il est envisagé que les faibles capacités phonologiques soient associées aux faiblesses en MDT et que l'ensemble contribue aux difficultés présentes dans l'acquisition de la lecture chez les dyslexiques (Vellutino et al., 2004).

Par conséquent, depuis une dizaine d'années, les travaux de recherche se sont multipliés concernant une rééducation particulière, celle de la mémoire de travail. À ce jour, différentes études indiquent une amélioration des capacités de la MDT à la suite d'un entraînement spécifique ciblant cette fonction (Alloway et al., 2013; Holmes & Gathercole, 2014; Maehler et al., 2019; Shiran & Breznitz, 2011; Söderqvist & Bergman, 2015).

De nombreuses études étrangères se sont intéressées à l'entraînement cognitif de la MDT dans un contexte de dyslexie. Elles prouvent la possibilité de l'amélioration des capacités des composantes de la MDT grâce à cette modalité de rééducation cognitive. Néanmoins, à ma connaissance, aucune étude n'a porté sur l'entraînement de la MDT auprès d'enfants dyslexiques scolarisés au Maroc. En fait, peu d'études portant sur cette remédiation cognitive de la MDT chez les dyslexiques ont pu être recensées, et les participants étaient scolarisés en des langues étrangères comme le suédois (Dahlin, 2011), l'anglais (Duning et al., 2011; Holmes & Gathercole, 2014), le mandarin qui a une écriture logographique très différente du système alphabétique utilisé en arabe (Luo et al., 2013; Yang et al., 2017; cité par Therrien, 2021), et l'étude la plus récente était sur des participants scolarisés en français au Québec (Therrien, 2021). Il s'est révélé aussi que l'entraînement de la MDT a des répercussions très positives sur les patients atteints du trouble du spectre de l'autisme (Sedjari & El-Mir, 2021), et sur les schizophrènes (El-Haddadi & El-Mir, 2022).

Le grand intérêt de cette étude est de vérifier si un entraînement de la MDT par le biais de la répétition des exercices informatisés, chez des enfants marocains qui souffrent de la dyslexie; pourrait améliorer la capacité et la performance de leur mémoire de travail. Ainsi l'entraînement de la MDT peut représenter une option de remédiation cognitive, voire une modalité de rééducation neuropsychologique qui pourrait être prescrite dans la prise en charge thérapeutique des dyslexiques. Et ce dans le cadre de la réhabilitation cognitive, qui aurait sans doute des répercussions positives sur la capacité d'acquisition et d'apprentissage chez cette population assoiffée à des solutions novatrices pour soutenir sa persévérance scolaire.

La problématique de l'étude consiste à vérifier si un entraînement cognitif permettra d'améliorer la performance de la MDT selon le modèle de Baddeley et Hitch (1974) chez les élèves dyslexiques. L'impact du programme sera vérifié de façon plus spécifique sur les trois composantes de la MDT, soit la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central en modalité verbale ainsi qu'en modalité visuo-spatiale. Il est entendu que l'amélioration de l'une ou l'autre de ces composantes permettra d'améliorer plus globalement les capacités de MDT des participants. Pour y répondre, cinq hypothèses seraient examinées:

- L'entraînement de la MDT augmente la capacité de l'empan de la boucle phonologique chez les enfants dyslexiques;
- L'entraînement de la MDT augmente la capacité de l'empan du calepin visuo-spatial chez les enfants dyslexiques;

- L'entraînement de la MDT améliore la performance de l'administrateur central dans ses modalités verbale et visuo-spatiale, chez les enfants dyslexiques;
- L'entraînement cognitif avec le programme COGMED améliore la mémoire de travail chez les enfants dyslexiques;
- On suppose qu'il existe des différences significatives dans les résultats des tests de la MDT entre le groupe expérimental et le groupe contrôle au profit du groupe expérimental.

Somme toute, La présente étude a pour objectif de répondre à la question suivante: un entraînement ciblant les composantes de la MDT, identifiées comme prédictives des capacités en lecture, aurait-il un effet sur les performances en MDT, chez les enfants dyslexiques marocains?

Méthodologie

Si l'amélioration de la MDT demeure un objectif constant chez les auteurs, les méthodes d'interventions utilisées pour y parvenir varient grandement à travers les études et les recherches. Cette section présente la méthodologie de la présente étude, y compris le devis de recherche, une description des participants et leur distribution, l'outil de la remédiation cognitive administré dans le cadre de l'entraînement de la MDT, les instruments de mesure de la MDT, et finalement un aperçu sur les tests statistiques utilisés pour analyser les résultats.

- Le devis de recherche

Cette étude a utilisé un protocole expérimental de type pré-test et post-test avec un groupe de comparaison sans intervention. La moitié des participants (n = 18) ont reçu le programme de la remédiation cognitive pour une durée de six semaines ; alors que l'autre moitié n'a pris part à aucune intervention (n = 18). L'assignation à l'un ou l'autre des groupes a été réalisée de façon aléatoire. Concernant les mesures de la MDT: Deux prises de mesure ont été faites pendant l'étude, soit une pré-évaluation, qui a eu lieu avant toute intervention (Temps 1), et une post-évaluation qui a eu lieu immédiatement après la fin de l'intervention (Temps 2), et ce pour tous les participants. (Figure 1)

- Les participants

Le recrutement a été effectué auprès de 36 élèves marocains, issus précisément de la région Fès-Meknès, diagnostiqués au préalable avec un trouble de dyslexie sans comorbidité: 16 filles, 20 garçons, avec une Moyenne d'âge égale à 9,83 ans et une étendue de l'âge égale à 1,32. Les participants sont scolarisés au cycle primaire, d'un niveau scolaire allant de la 3^{ème} à la 6^{ème} année (Figure 1).

Pour être admis dans ce programme, le participant doit présenter un trouble spécifique des apprentissages sévère en lecture, et il doit avoir été démontré que les mesures de soutien prodiguées en classe régulière ne suffisaient plus à palier ses difficultés de lecture. Devant posséder une tablette ou un ordinateur pour l'exécution des exercices informatisés du programme de l'entraînement cognitif. Les participants devaient fournir une autorisation, signée par leurs parents, pour accéder à cette remédiation cognitive.

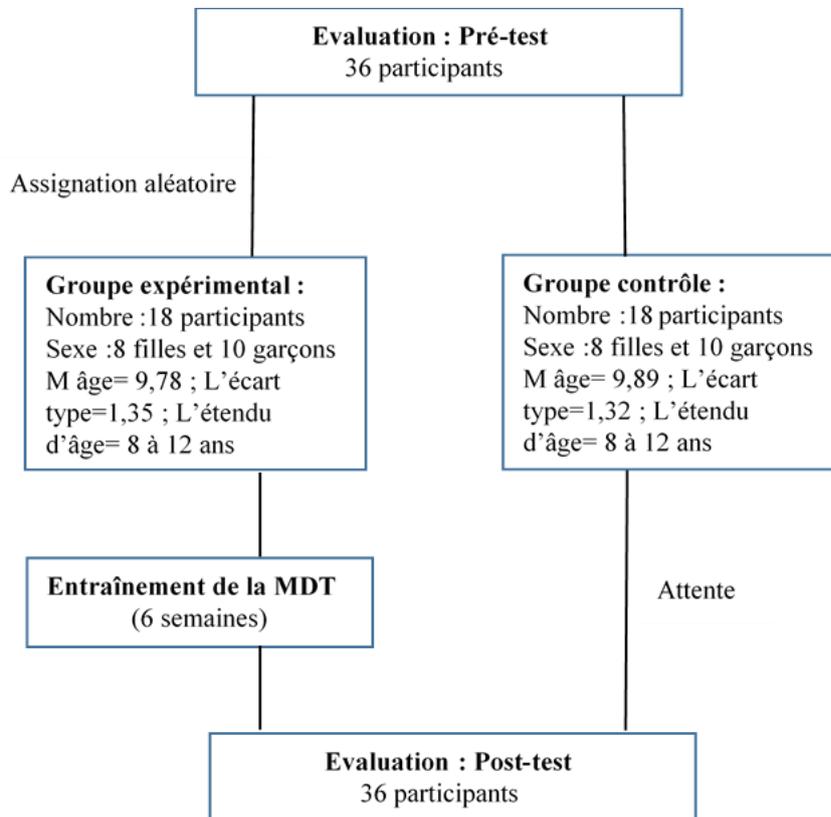
Les enfants dyslexiques qui ont été recruté disposaient d'un bilan neuropsychologique justifiant leur dyslexie sans aucun trouble associé. Un entretien clinique a été effectué pour étudier l'anamnèse de chacun, afin de découvrir le niveau de la sévérité du trouble et les pistes d'intervention suivies par le patient. Pour des raisons d'éthique les données et l'anonymat des participants ont été protégés.

Les enfants dyslexiques présentent une variable d'intérêt dans cette étude, car elle consiste à mesurer la capacité de leur mémoire de travail avant et après l'administration de

l'entraînement cognitif, et comparer les résultats obtenus afin de prouver l'importance de la remédiation cognitive dans la prise en charge neuropsychologique de cette population.

Figure 1.

Description et répartition des participants au cours de l'étude.



- L'outil de l'entraînement de la MDT

L'entraînement cognitif ou stimulation, plus largement adoptées par le grand public émergent, ces terminologies se réfèrent généralement à des "jeux intelligents" (Seguin et al., 2018, p. 150). L'entraînement cognitif a pour objectif l'amélioration des fonctions cognitives dans la vie quotidienne des utilisateurs. Dans ce but, des exercices sont réalisés par le sujet, via un ordinateur ou en version papier (L'entraînement cognitif, 2022).

Le programme de l'entraînement cognitif adopté dans cette étude est le Cogmed Working Memory Training (CWMT). COGMED est un logiciel d'entraînement cognitif créé dans le laboratoire de Torkel Klingberg, neuroscientifique à l'Institut Karolinska. Klingberg l'utilisait pour présenter des défis de la mémoire de travail aux gens pendant qu'il étudiait leur cerveau à l'aide de l'IRMF, pour essayer d'en savoir plus sur la neuroplasticité. Lorsque les études ont semblé montrer que les défis amélioraient la mémoire de travail, Klingberg a élaboré Cogmed en 2001 à Stockholm en Suède. Selon Klingberg (2012) Le programme informatisé Cogmed combine l'apport des sciences cognitives et la technologie du jeu vidéo pour renforcer la MDT, améliorer l'attention et augmenter le contrôle de l'impulsivité chez les enfants, les adolescents et les adultes à partir de 4 ans. Il offre une remédiation scientifiquement et cliniquement validée. Dans ce programme deux versions de remédiation sont proposées en fonction du niveau de difficulté; La remédiation standard incluant tous les exercices, et la remédiation allégée proposant des exercices n'impliquant pas de chiffres, de lettres ou de séquençages complexes. Le programme d'entraînement se réalise à partir d'exercices

informatisés sollicitant la MDT. Les tâches proposées varient au fur et à mesure des sessions sans intervention du professionnel. Le niveau de difficulté des exercices s'ajuste automatiquement aux capacités maximales du patient pour l'obliger à fournir plus d'effort cognitif.

Dans la présente étude les 18 participants ont bénéficié de l'entraînement de la MDT Cogmed à distance et selon la répartition suivante:

- Quinze enfants ont fait la remédiation standard qui contient 30 blocs au total, sur une période de 6 semaines successives, à raison de 5 séances d'environ de 35 minutes par semaine.

- Trois enfants ayant un bas âge ont fait la formule allégée du programme qui contient 25 blocs au total, sur une période de 5 à 6 semaines successives, à raison de 4 ou 5 séances de 15 minutes par semaine.

Tous les participants jouaient dans un environnement ludique pour garantir leur engagement et leur motivation.

- Les tests d'évaluation de la MDT

La capacité de mémoire de travail occupe une place importante dans les tests de capacité cognitive (El-Mir, 2021). Fournier et Monjauze (2000) indiquent que sur le plan clinique, l'évaluation de la MDT commence par les mesures classiques d'empan (rappel sériel d'informations). Il est important d'évaluer à la fois l'empan verbal et l'empan visuo-spatial, en proposant des séquences d'items de longueur croissante. L'empan correspond à la plus longue séquence correctement rappelée à au moins deux séries d'une même longueur.

Baddeley (1992) a défini la mémoire de travail comme "un système de capacité limitée, qui permet le stockage temporaire et la manipulation des informations qui sont nécessaires pour la réalisation des tâches cognitives complexes, telles que la compréhension, l'apprentissage et le raisonnement". Cette étude utilise comme référence de base le modèle de Baddeley et Hitch, proposé en 1974 qui est l'un des modèles les plus pertinents à l'heure actuelle. Selon ce modèle, le système de la mémoire de travail consisterait en trois composantes essentielles:

- La boucle phonologique: Cette composante a été mesurée par le test d'empan de chiffres direct pour déterminer sa capacité de stockage des informations verbales et auditives. En utilisant la tâche "*Séquences de chiffres en ordre direct*" du test d'intelligence de Weschler pour enfants, quatrième édition (WISC-IV). Dans cette tâche, l'enfant doit répéter une série de chiffres entendus, dans le même ordre (2 à 9 chiffres).

- Le calepin visuo-spatial: Cette composante a été mesurée par l'épreuve de cubes de Corsi direct pour déterminer sa capacité de stockage des informations visuo-spatiales, en utilisant la tâche "*Empan spatial en ordre direct*" de l'Échelle non verbale d'aptitude de Weschler (WNV). Au cours de cette tâche, le participant doit reproduire une séquence de blocs dans l'ordre de présentation (2 à 9 blocs).

- L'administrateur central: Dans cette étude l'administrateur en modalité verbale a été mesuré à l'aide de "*Séquences de chiffres en ordre inverse*", une tâche du WISC-IV. Cette dernière consiste à répéter une série de chiffres dans l'ordre inverse de présentation (2 à 9 chiffres). L'administrateur central en modalité visuo-spatiale a été mesuré par la tâche de "*Empan spatial en ordre inverse*" (WNV). Le participant doit reproduire une séquence de blocs dans l'ordre inverse de présentation.

- L'évaluation de l'effet du programme Cogmed

L'évaluation du programme Cogmed a été mesuré par l'indice initial (La mesure du pré-test) et l'indice maximal (La mesure du post-test). Selon Cogmed Coaching Manual (2022). L'indice initial est la moyenne transformée d'essais sélectionnés au début du programme, et

l'indice maximal est la moyenne transformée d'essais sélectionnés parmi les deux meilleurs blocs (Figure 2).

Figure 2.

L'indice de remédiation calculé par le programme COGMED pour chaque participant. (www.COGMED.com)



- Le programme statistique et les tests utilisés pour l'analyse des résultats

Les analyses de cette étude sont réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 26 (IBM). Le SPSS est une plateforme puissante de logiciels statistiques, selon IBM SPSS Statistics (2022). Vu l'effectif faible de l'échantillon de l'étude, les analyses des résultats ont été faites avec les tests non paramétriques.

- Pour l'étude intra-groupe; la comparaison des résultats entre pré-tests et post-tests du groupe expérimental a été faite par le test des rangs signés de Wilcoxon pour échantillons appariés. Ce test s'intéresse à un paramètre de position: la médiane, le but étant de tester s'il existe un changement sur la médiane (Wilcoxon, 2022).

- Pour l'étude inter-groupes; la comparaison des résultats entre pré-tests et post-tests du groupe expérimental avec le groupe contrôle a été faite par le test U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants. Ce test permet de tester l'hypothèse selon laquelle les distributions de chacun de deux groupes de données sont proches. (U-Mann-Whitney, 2022)

Résultats

La problématique principale relative à cette étude consiste à vérifier si l'entraînement de la mémoire de travail améliore la capacité de ses composantes chez les enfants dyslexiques. Dans cette partie les hypothèses de l'étude ont été examinées en deux sections. La première est une comparaison intra-groupe pour vérifier les quatre premières hypothèses de l'étude concernant le groupe expérimental. La deuxième section est une comparaison inter-groupes pour la vérification de la dernière hypothèse.

1. Comparaison des résultats intra-groupe

Dans le cadre des analyses préliminaires, une analyse de variance à deux facteurs par classement de Friedman pour échantillons liés a été effectuée pour extraire et comparer les rangs moyens (R.M) des variables du groupe expérimental en deux temps; soit avant et après l'entraînement. Quant aux analyses principales, la comparaison des résultats entre pré-tests et post-tests du groupe expérimental a été faite par le test des rangs signés de Wilcoxon pour échantillons appariés. Et pour la taille d'effet, elle a été calculée par coefficient "r".

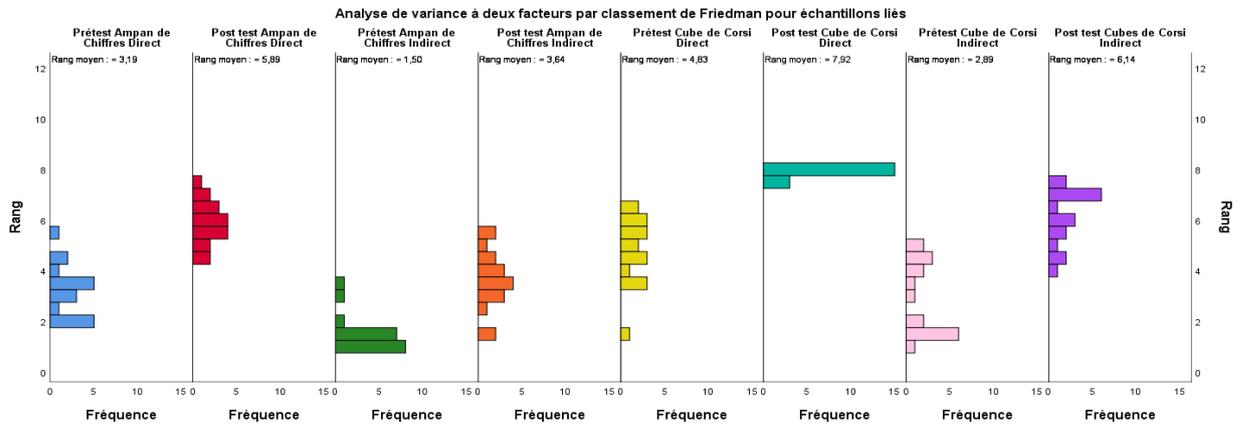
1.1 Analyses préliminaires

Dans l'objectif de découvrir les résultats des participants du groupe à l'ensemble des mesures de la MDT, avant et après l'intervention par le programme d'entraînement cognitif

Cogmed, l'analyse de variance à deux facteurs par classement de Friedman pour les échantillons liés, a révélé les résultats suivant (Figure 3).

Figure 3.

Rangs moyens des prés et post-test des variables de la MDT, tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).



On trouve que les scores des rangs moyens pour les quatre variables de l'étude en post-test sont toujours plus élevés que ceux du pré-test, ce qui signifie une amélioration des fonctions entraînées, soient la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central.

Le tableau ci-dessous présente la moyenne des rangs moyens dans les deux temps de l'évaluation ainsi leur différence (Tableau 1).

Tableau 1.

Comparaison appariée de la moyenne des rangs moyens des variables de la MDT (Temps 1 et Temps 2).

Variable	R.M (Temps 1)	R.M (Temps 2)	R.M (T 2 – T 1)
La boucle phonologique	3,19	5,89	2,70
Le calepin visuo-spatial	4,83	7,92	3,09
L'administrateur central (Modalité verbale)	1,50	3,64	2,14
L'administrateur central (Modalité visuo-spatial)	2,89	6,14	3,25

On observe une augmentation des valeurs de la moyenne des rangs moyens entre (Temps 1) et (Temps 2), ainsi une différence (T2 – T1) positive pour toutes les variables testées sans distinction; ce qui signifie que l'entraînement a amélioré les performances de toutes les composantes de la MDT en post-test comparativement au pré-test. Cet effet positif est attribué à l'entraînement cognitif, lequel serait mis en évidence par la détermination de sa taille d'effet sur les composantes de la MDT, mais avant il faut vérifier la certitude des hypothèses de l'étude dans la section des analyses principales.

1.2 Analyses principales

1.2.1 Vérification des hypothèses de la MDT: Hypothèses 1, 2 et 3

Pour approuver les constats de l'analyse préliminaire, et vérifier les hypothèses de l'étude, le test des rangs signés de Wilcoxon pour les échantillons appariés est effectué sur tous les scores obtenus dans les tests de mesure des variables de la MDT, afin de comparer les résultats des prés et post-tests de la boucle phonologique, du calepin visuo-spatial et de l'administrateur central dans les deux modalités verbale et visuo-spatiale. Les résultats de la

valeur de signification " ρ ", et la décision concernant chaque hypothèse sont rassemblés dans le tableau ci-dessous (Tableau 2).

Tableau 2.

Récapitulatif du test de classement de Wilcoxon pour échantillons appariés des hypothèses de l'étude, tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).

Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
La médiane des différences entre Prétest et Posttest d'Empan de Chiffres Direct est égale à 0	Test de classement de Wilcoxon pour échantillon liés.	0.000	Rejeter les hypothèses nulles.
La médiane des différences entre Prétest et Posttest d'Empan de Chiffres Indirect est égale à 0	Test de classement de Wilcoxon pour échantillon liés.	0.001	Rejeter les hypothèses nulles.
La médiane des différences entre Prétest et Posttest de Cube de Corsi Direct est égale à 0	Test de classement de Wilcoxon pour échantillon liés.	0.000	Rejeter les hypothèses nulles.
La médiane des différences entre Prétest et Posttest Cube de Corsi Indirect est égale à 0	Test de classement de Wilcoxon pour échantillon liés.	0.001	Rejeter les hypothèses nulles.

Le niveau de signification est de ,050.

○ Les résultats de l'analyse de la comparaison des pré-tests et post-tests d'empan de chiffres direct évaluant la capacité de l'empan de la boucle phonologique ont montré une valeur $\rho = 0,000$; cette valeur est inférieure au seuil de signification $\alpha = 0,05$. On confirme alors que l'entraînement de la MDT augmente la capacité d'empan de la boucle phonologique chez les enfants dyslexiques.

○ Les résultats de l'analyse de la comparaison des pré-tests et post-tests de l'épreuve des cubes de Corsi direct, évaluant la capacité de l'empan du calepin visuo-spatial ont montré une valeur $\rho = 0,000$; cette valeur est inférieure au seuil de signification $\alpha = 0,05$. On confirme alors que l'entraînement de la MDT augmente la capacité d'empan du calepin visuo-spatial chez les enfants dyslexiques.

○ Les résultats de l'analyse de la comparaison des pré-tests et post-tests d'empan de chiffres indirect évaluant la performance de l'administrateur central dans sa modalité verbale ont montré une valeur $\rho = 0,001$; cette valeur est inférieure au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Ce qui approuve que l'entraînement de la MDT améliore la performance de l'administrateur central dans sa modalité verbale chez les enfants dyslexiques.

○ Les résultats de la comparaison des pré-tests et post-tests de l'épreuve des cubes de Corsi indirect évaluant la performance de l'administrateur central dans sa modalité visuo-spatial, ont montré une valeur $\rho = 0,001$; cette valeur est inférieure au seuil de signification $\alpha = 0,05$. Ce qui approuve que l'entraînement de la MDT améliore la performance de l'administrateur central dans sa modalité visuo-spatiale chez les enfants dyslexiques.

○ La décision de l'analyse du test des rangs signés de Wilcoxon pour échantillons appariés est de rejeter toutes les hypothèses nulles pour toutes les variables de l'étude, car la valeur de signification " ρ " est inférieure au risque " α ". Alors on accepte les hypothèses alternatives et on confirme que l'entraînement de la MDT améliore la capacité de l'empan de la boucle phonologique, la capacité de l'empan du calepin visuo-spatial et la performance de l'administrateur central dans les deux modalités verbale et visuo-spatiale chez les enfants dyslexiques.

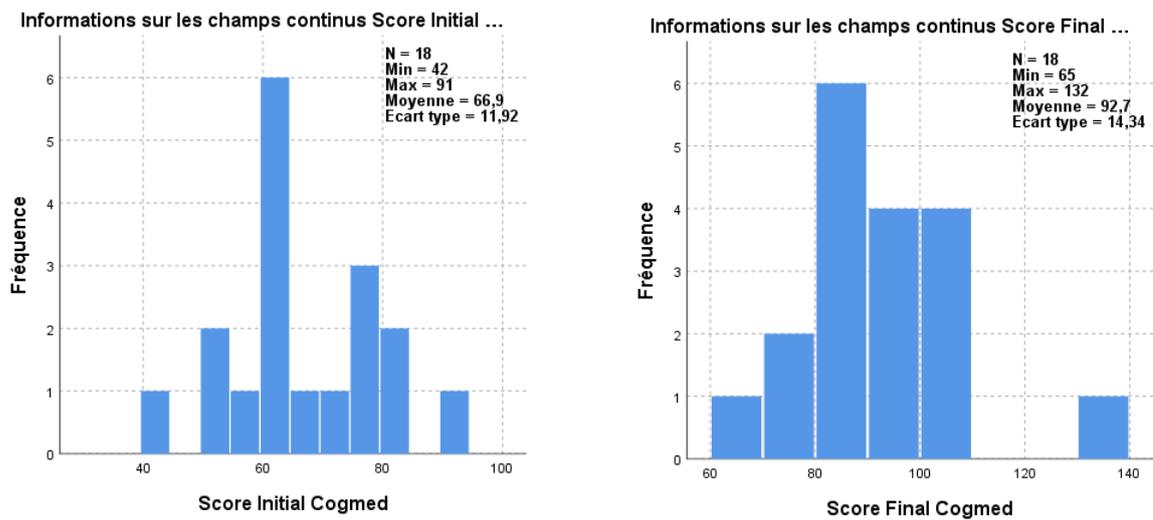
1.2.2 Analyse des résultats du Cogmed: Hypothèse 4

Les résultats du programme Cogmed ont été mesurés par l'indice initial (La mesure du pré-test) et l'indice maximal (La mesure de post-test). Selon Cogmed Coaching Manual (2022) l'indice initial est la moyenne transformée d'essais sélectionnés au début du programme, et l'indice final est le maximum de la moyenne d'essais sélectionnés parmi les deux meilleurs blocs.

Des analyses descriptives sont effectuées sur les scores des participants obtenus avant l'administration du programme (les indices initiaux), et après l'entraînement (Les indices maximaux) dans le but de faire une comparaison préalable des résultats. (Figure 4)

Figure 4.

Graphiques présentant l'indice initial et l'indice final du logiciel Cogmed de la remédiation cognitive, tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).



Une lecture descriptive des graphiques de l'indice de la remédiation du «Cogmed» montre que le maximum des scores obtenus par les participants après l'intervention dans l'indice final du Cogmed est: Max=132 points, une valeur très supérieure à celle obtenu au début de la remédiation: Max=91. Ainsi la moyenne des scores de l'indice final qui est M=92,7 est très supérieure à celle de l'indice initial qui est égale à M=66,9 mesuré au départ de l'intervention.

On constate alors que la moyenne des scores après remédiation s'est élevée significativement grâce à l'administration du programme Cogmed. Ces résultats jugent l'efficacité du programme Cogmed de l'entraînement de la MDT, et montrent que les participants ont bien bénéficié de cette remédiation.

Pour confirmer ce constat, un test des rangs signés de Wilcoxon pour échantillons appariés est effectué sur les mesures du programme Cogmed (Tableau 3).

Tableau 3.

Récapitulatif du test d'hypothèse de résultats du Cogmed, tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).

	Hypothèse nulle	Test	Sig.	Décision
1	La médiane des différences entre L'indice Initial du Cogmed et L'indice maximal du Cogmed est égale à 0.	Test de classement de Wilcoxon pour échantillons liés	0,000	Rejeter les hypothèses nulles.

Les significations asymptotiques sont affichées. Le niveau de signification est de ,050.

Les résultats de la comparaison des indices initiaux et des indices maximaux évaluant l'efficacité du programme Cogmed ont montré une valeur $p = 0,000$; cette valeur est inférieure au seuil de signification $\alpha = 0,05$. La décision du test d'analyse Wilcoxon pour la comparaison des échantillons appariés est: de rejeter l'hypothèse nulle, et garder l'hypothèse

alternative. On confirme alors que le programme Cogmed de la remédiation cognitive améliore les performances de la MDT chez les enfants dyslexiques.

1.3 Détermination de la taille d'effet

En statistique, une Taille d'Effet (T.E) est une mesure de la force de l'effet observé d'une variable sur une autre et plus généralement d'une inférence. La taille d'un effet est donc une grandeur statistique descriptive calculée à partir de données observées empiriquement afin de fournir un indice quantitatif de la force de la relation entre les variables (Taille d'effet, 2022).

Dans le but de déterminer la taille d'effet de l'entraînement de la MDT sur la performance de la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial, l'administrateur central et l'efficacité du programme Cogmed, le coefficient "r" est calculée pour chaque hypothèse (Tableau 4).

Tableau 4.

La taille d'effet des hypothèses de l'étude "r".

Variables	La boucle phonologique	Le calepin visuo-spatial	L'administrateur centrale (Modalité verbale)	L'administrateur centrale (Modalité visuo-spatial)	Cogmed
La taille d'effet	r = 0,81	r = 0,89	r = 0,81	r = 0,81	r = 0,87

Note: Le tableau d'interprétation de la valeur "r"

La taille d'effet	Positive	Négative
Petite	.1 à .3	-0.1 à -0.3
Moyenne	.3 à .5	-0.3 à -0.5
Large	.5 à 1.0	-0.5 à -1.0

Une comparaison du coefficient "r" qui présente la taille d'effet de chaque variable par rapport aux valeurs données dans le tableau d'interprétation des résultats de la valeur "r", a montré que:

Les valeurs de la taille d'effet de l'entraînement de la MDT pour toutes les variables de l'étude sont entre 0,5 et 1; ce qui signifie que les hypothèses de cette étude se sont réalisées avec effet de "grande" taille, et ce pour toutes les variables de cette étude.

2. Comparaison des résultats inter-groupes

Cette comparaison inter-groupes a pour objectif d'examiner l'hypothèse suivante:

On suppose qu'il existe des différences significatives dans les résultats des tests de la MDT entre le groupe expérimental et le groupe contrôle au profit du groupe expérimental.

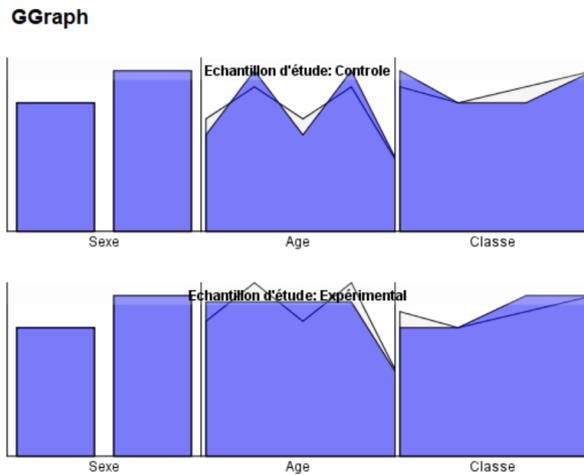
Avant de passer aux analyses principales, des analyses préliminaires ont été faites pour s'assurer de l'équivalence des groupes de l'étude. Ensuite une série d'analyses de U- Mann-Withney pour échantillons indépendants ont été réalisées. En fin pour savoir la force de la relation entre les variables de l'étude; la taille d'effet a été calculée par la valeur η^2 (Eta squared).

2.1 Analyses préliminaires

Dans le but de vérifier l'équivalence initiale entre le groupe contrôle (M âge= 9,89; L'écart type=1,32; L'étendu d'âge= 8 à 12 ans); et le groupe expérimental (M âge= 9,78; L'écart type=1,35; L'étendu d'âge= 8 à 12 ans); une comparaison des variables indépendantes telles que l'âge, le sexe et niveau scolaire, a été réalisée pour les deux groupes de l'étude. Les résultats ont montré que les deux groupes peuvent être considérés équivalents (Figure 5).

Figure 5.

Analyse descriptive des variables indépendantes des groupes, tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).



2.2 Analyses principales

Pour examiner l'hypothèse de cette étude, les deux groupes (Contrôle et expérimental) ont été comparés dans le premier temps de mesure (Pré-tests), et le deuxième temps de mesure (Post-tests) par une série d'analyses de U- Mann-Withney pour échantillons indépendants réalisées sur chacune des variables de la MDT:

- La vérification de cette hypothèse serait faite selon deux analyses de comparaison;
- La première analyse est une comparaison des résultats des pré-tests entre les deux groupes avant l'entraînement de la MDT (Temps 1);
- La deuxième analyse est une comparaison des résultats des post-tests entre les deux groupes après l'entraînement de la MDT (Temps 2).

2.2.1 Analyse des résultats de la comparaison des pré-tests

Les résultats des analyses de la comparaison des pré-tests (Temps 1) du groupe contrôle avec celles du groupe expérimental sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5.

Résultats statistiques de la comparaison inter-groupes des pré-tests de la MDT (Temps1), tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).

	Pré-test Empan de Chiffres Direct	Pré-test Empan de Chiffres Indirect	Pré-test Cube de Corsi Direct	Pré-test Cube de Corsi Indirect
U de Mann-Whitney	160,000	120,000	159,500	152,500
W de Wilcoxon	331,000	291,000	330,500	323,500
Z	-,070	-1,522	-,084	-,316
Sig. asymptotique (bilatérale)	,944	,128	,933	,752
Sig. exacte [2*(sig. unilatérale)]	,963 ^b	,192 ^b	,938 ^b	,767 ^b

a. Variable de regroupement : Echantillon d'étude

On constate que la valeur de signification " ρ " de la comparaison des mesures de pré-tests entre les deux groupes (Contrôle et expérimental) pour les quatre variables de la MDT est supérieure que le seuil de signification " $\alpha = 0,05$ " ($\rho > \alpha$); on en déduit alors qu'il faut:

- Rejeter l'hypothèse alternative qui stipule l'existence de différences significatives dans les résultats des pré-tests entre les deux groupes au profit du groupe expérimental;

- Garder l'hypothèse nulle qui stipule qu'il n'existe pas de différences significatives dans les résultats des pré-tests entre les deux groupes.

Ce qui témoigne de l'équivalence des deux groupes au niveau de leurs capacités de la MDT avant l'intervention.

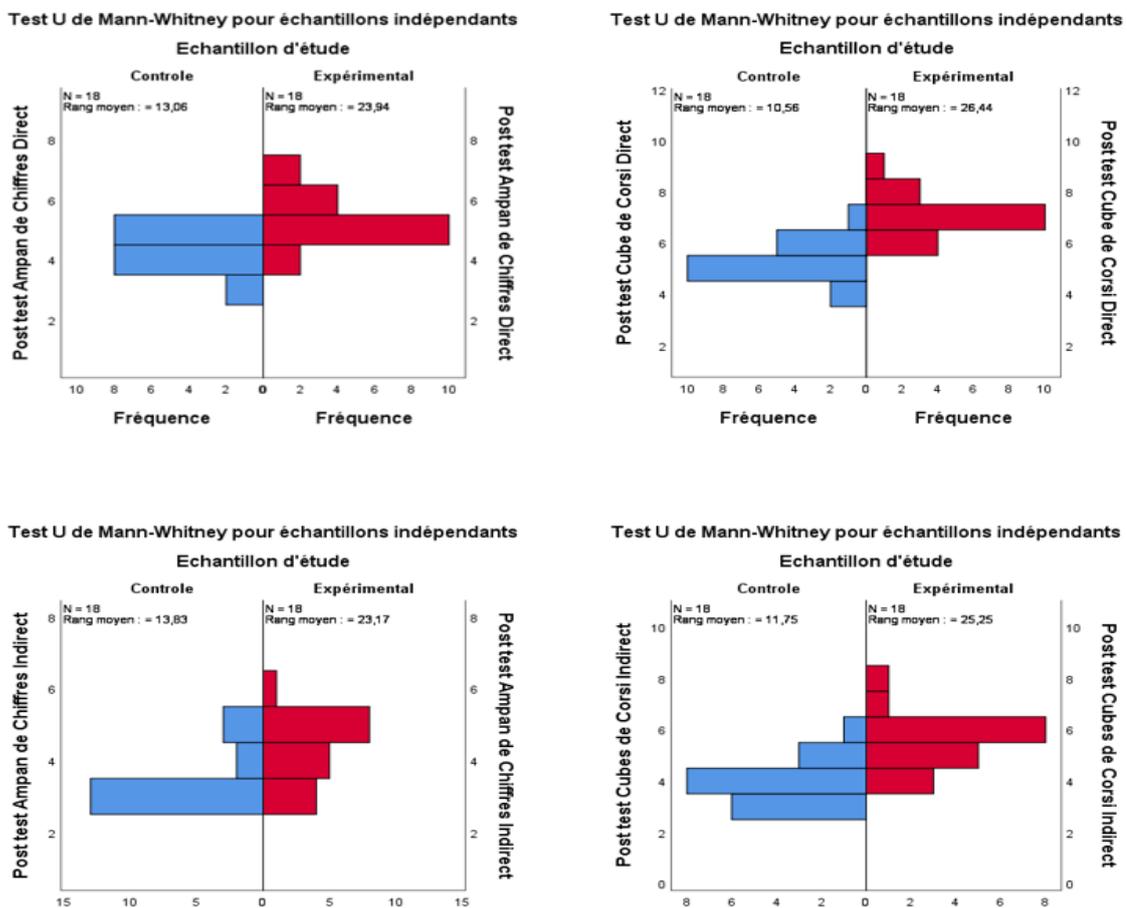
2.2.2 Analyse des résultats de la comparaison des post-tests

❖ Comparaison des rangs moyens des post-tests

Les données de l'analyse de Mann-Whitney concernant les rangs moyens des post-tests de chaque variable du groupe expérimental avec celles du groupe contrôle après l'entraînement (Temps 2) sont présentées dans la figure 6.

Figure 6.

Comparaison inter-groupes des rangs moyens du post-test des variables de la MDT, tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).



La comparaison des résultats de cette analyse montre que les valeurs de la moyenne des rangs moyens (R.M) du groupe expérimental sont supérieures de celles du groupe contrôle; et ce pour toutes les variables de l'étude. Ce qui signifie une amélioration significative des performances du groupe expérimental après l'entraînement (Temps 2) comparativement avec le groupe contrôle.

Ce qui représenterait un effet positif attribuable à l'entraînement cognitif, lequel serait mis en évidence par la confirmation des hypothèses, et la détermination de leur taille d'effet.

❖ Résultat de l'analyse des post-tests

Les résultats des analyses de la comparaison des post-tests (Temps 2) du groupe contrôle avec celles du groupe expérimental sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6.

Résultats statistiques de la comparaison inter-groupes des pré-tests de la MDT (Temps 2), tiré de IBM SPSS Statistics (Version 26).

	Post-test Empan de Chiffres Direct	Post-test Empan de Chiffres Indirect	Post-test Cube de Corsi Direct	Post-test Cubes de Corsi Indirect
U de Mann-Whitney	64,000	78,000	19,000	40,500
Z	-3,358	-2,867	-4,681	-3,963
Sig. asymptotique (bilatérale)	,001	,004	,000	,000
Sig. exacte [2*(sig. unilatérale)]	,001 ^b	,007 ^b	,000 ^b	,000 ^b

On constate que la valeur de signification " ρ " de l'analyse de la comparaison des mesures des post-tests entre les deux groupes (Contrôle et expérimental) est au-dessous du seuil de signification " $\alpha=0,05$ " ($\rho < \alpha$), et ce pour les quatre variables de la MDT ; on en déduit alors qu'il faut:

- Rejeter l'hypothèse nulle qui stipule qu'il n'existe pas de différences significatives dans les résultats des post-tests entre les deux groupes;
- Garder l'hypothèse alternative qui stipule l'existence des différences significatives dans les résultats des post-tests entre les deux groupes au profit du groupe expérimental;

Ce qui montre une progression des performances de la MDT après l'intervention, et ce seulement pour le groupe expérimental qui a fait l'entraînement.

2.3 Détermination de la taille d'effet

Afin de fournir un indice quantitatif de la force de la relation entre les variables de l'étude, une valeur η^2 (Eta squared) est calculée pour déterminer la taille d'effet de l'entraînement de la MDT sur la performance de la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial, l'administrateur central dans ses modalités verbale et visuo-spatiale (Tableau 7).

Tableau 7.

La taille d'effet des hypothèses de l'étude " η^2 ".

Variables	Boucle phonologique	Calepin visuo-spatial	Administrateur central (Modalité verbale)	Administrateur central (Modalité visuo-spatial)
Taille d'effet	$\eta^2=0,31$	$\eta^2=0,60$	$\eta^2=0,22$	$\eta^2=0,43$

Note: Le tableau d'interprétation de la valeur " η^2 "

La valeur de la taille d'effet	L'ampleur de la taille d'effet
$0.01 \leq \eta^2_{partielle} < 0.06$	Petit effet
$0.06 \leq \eta^2_{partielle} < 0.14$	Effet moyen
$\eta^2_{partielle} \geq 0.14$	Grand effet

On constate que les valeurs de la taille d'effet de toutes les variables sont supérieures de 0,14 ($\eta^2 > 0,14$), on déduit alors que les hypothèses de toutes les variables ont été réalisées avec une grande taille d'effet. Ce qui signifie un gain post-intervention très intéressant au profit du groupe expérimental.

Discussion

Cette étude représente une des premières tentatives d'entraînement de la MDT auprès des enfants dyslexiques marocains. Elle a utilisé le Cogmed Working Memory Training (CWMT) pour l'entraînement cognitif. Les tests de mesure proposés ont ciblé les trois composantes de la MDT décrites dans le modèle de Baddeley et Hitch (1974). Au terme de la remédiation cognitive, des gains importants sur les mesures de la MDT sont constatés.

1. Discussion des résultats par rapport aux variables de l'étude

Concernant la capacité d'empan de la boucle phonologique, les résultats vont dans le sens des hypothèses de la recherche, démontrant qu'à la suite de l'entraînement cognitif, il est possible d'augmenter la capacité d'empan verbal de jeunes dyslexiques. Après six semaines d'intervention, les participants du groupe démontrent une amélioration significative à l'indice de l'empan de chiffres direct en comparant les résultats des pré-tests avec ceux des post-tests des participants. Plus précisément, la capacité d'empan verbal des participants entraînés progresse de façon significative. L'effet de l'entraînement s'avère importante pour cette mesure d'empan verbale avec une taille d'effet de $r = 0,81$ ("r" au tableau 4).

Quant au calepin visuo-spatial, les résultats de la comparaison pré et post-tests à l'indice de l'épreuve de cubes de Corsi dans l'ordre direct, sont statistiquement significatifs. On confirme alors que la capacité de l'empan visuo-spatial augmente avec l'entraînement de la MDT chez les participants. La taille d'effet associée à cette hypothèse est importante ($r = 0,89$).

Pour l'administrateur central; des améliorations post-entraînement sont observées sur la capacité de manipulation, aussi bien en modalité verbale qu'en modalité visuo-spatiale. En outre, l'effet de l'entraînement cognitif s'avère important pour ces mesures de manipulation avec une taille d'effet de $r = 0,81$ pour les deux modalités. On en déduit alors que l'entraînement de la MDT améliore la performance de l'administrateur central dans les deux modalités verbale et visuo-spatiale, avec une grande taille d'effet. Sur le plan de la remédiation cognitive avec le programme Cogmed; les résultats de la comparaison des indices de post intervention par rapport à ceux de pré intervention, confirment que le programme Cogmed de la remédiation cognitive améliore la performance générale de la MDT. La taille d'effet associée à cette mesure est très importante ($r = 0,87$).

L'insertion d'un groupe témoin dans cette étude avait comme objectif de démontrer que l'amélioration de la capacité de la MDT des participants du premier groupe est le résultat d'une intervention directe sur la MDT, qui a consisté à entraîner cette fonction avec un programme spécifié à la remédiation cognitive, et ce progrès n'est pas éventuel ou spontané, comme il ne pourrait pas être réalisé au fil du temps sans intervention programmée au préalable.

Avant de procéder à la comparaison inter-groupes des résultats des mesures de la MDT en post-tests, des analyses ont été effectuées pour vérifier l'équivalence des deux groupes (expérimental et contrôle). Les résultats ont montré que les deux groupes sont équivalents aussi bien au niveau des variables indépendantes (âge, sexe, niveau scolaire), qu'au niveau des variables dépendantes (résultats des pré-tests). On en déduit alors que les deux groupes étaient équivalents sur le plan statistique au début de l'étude, ce qui donne une fiabilité aux résultats de la comparaison des tests post-intervention.

Les résultats des analyses de la comparaison inter-groupes montrent qu'il existe des différences significatives entre les post-tests des deux groupes au profit du groupe expérimental confirmant la dernière hypothèse de ce travail. De plus, le groupe expérimental obtient un gain post-entraînement intéressant traduit par une taille d'effet importante (η^2 au tableau 7), et ce pour toutes les variables de l'étude ($\eta^2 > 0,14$).

On constate qu'après l'entraînement de la MDT, les performances du groupe expérimentale progressent grandement dans toutes les mesures de la MDT; soit la boucle

phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central dans ses modalités verbale et visuo-spatiale. Cette amélioration de la capacité générale de la MDT dans le groupe expérimental qui est non retrouvée dans le groupe contrôle, confirme l'hypothèse de l'étude, et montre que ce progrès n'est pas éventuel ou spontané, mais il est le résultat d'une intervention effectuée sur la MDT. Ce qui met en évidence l'efficacité de l'entraînement cognitif dans la prise en charge des troubles spécifiques des apprentissages en lecture.

2. Discussion des résultats par rapport aux études antérieures

Les études antérieures évaluant les effets de l'entraînement de la MDT avec le programme Cogmed auprès des enfants ayant des difficultés scolaires notamment la dyslexie, par le biais d'un groupe contrôle montrent des résultats similaires aux ceux de cette étude, c'est-à-dire des améliorations en MDT. La majorité des auteurs rapportent des améliorations significatives en MDT chez les groupes entraînés. Pour la plupart, ces progressions se maintiennent en plus dans le temps (Dehlin, 2011; Duning et al., 2013; Robert et al., 2016).

En plus des gains immédiats confirmés après l'intervention, des études ont identifié des gains post-entraînement plusieurs mois après l'intervention, ce qui suggère que les participants continuent de s'améliorer au-delà de la durée du traitement, et ils recommandent l'entraînement de la MDT comme outil d'intervention (Holmes & Gathercole, 2014; Söderqvist & Nutley, 2015). Sauf que l'étude présente n'a pas vérifié le maintien des résultats dans le temps, or les résultats des gains immédiats de l'entraînement sur la MDT sont similaires.

Egalement les résultats de cette étude vont dans le même sens avec une étude récente menée par Therrien (2021) au Québec sur la remédiation cognitive de la MDT auprès des élèves qui ont une dyslexie. La comparaison des résultats obtenus en mesures pré-test et post-test indique que les capacités de la MDT s'améliorent de façon significative après l'administration du programme, et ce uniquement chez les élèves ayant reçu le programme. Plus précisément, des améliorations sont constatées sur une mesure générale de MDT verbale ainsi que sur les capacités d'empan verbal et visuo-spatial. En résumé, la discussion des résultats des analyses de cette étude a mis en évidence qu'il est possible d'améliorer la capacité de la MDT chez les enfants dyslexiques avec le biais de l'entraînement cognitif. Des améliorations importantes sont observées au niveau des trois composantes de la MDT issues du modèle de Baddeley et Hitch (1974) le cadre référentiel de cette étude ; soit la boucle phonologique, le calepin visuo-spatial et l'administrateur central. L'effet de l'entraînement s'avère très important pour toutes les mesures de la MDT. Ces résultats sont cohérents avec les études scientifiques menées sur le même sujet.

Conclusion

Cette étude portait sur l'évaluation de l'effet d'un programme de remédiation cognitive de la mémoire de travail auprès des élèves dyslexiques dans un contexte marocain. Basé sur le concept de la plasticité cérébrale, ce type d'intervention vise l'amélioration des capacités de la MDT par le biais de l'entraînement cognitif. Des études récurrentes mettent en évidence des relations positives entre la MDT et l'acquisition des apprentissages scolaires. De même, El-Mir (2019) a insisté, sur le rôle de la mémoire dans le rendement scolaire. Il a démontré qu'il existe des corrélations entre la MDT et la performance scolaire des élèves dans les tâches d'apprentissage, tel que la lecture de la langue arabe. La MDT constitue donc une variable d'intérêt dans l'explication des difficultés d'apprentissage en lecture chez les élèves présentant un trouble de dyslexie (Snowling, 2000).

Partant de ces constats, l'amélioration des capacités de la MDT aurait sans doute des répercussions positives sur la capacité d'acquisition et d'apprentissage chez cette population

assoiffée de solutions novatrices pouvant pallier ses difficultés. Pour ce faire, des élèves diagnostiqués dyslexiques de 8 à 12 ans ($n = 36$) sont assignés aléatoirement en deux groupes: le premier a reçu un entraînement expérimental de la MDT durant six semaines avec le programme Cogmed de la remédiation cognitive, et le second sert de groupe de comparaison. L'étude a adopté comme référence de base le modèle de Baddeley et Hitch (1974), qui est l'un des modèles les plus pertinents à ce jour.

Les expérimentations de cette étude ont démontré que l'entraînement de la MDT permet d'augmenter la capacité de l'empan de la boucle phonologique et celle du calepin visuo-spatial, ainsi il permet d'améliorer la performance de l'administrateur central dans les modalités verbale et visuo-spatiale, entraînant une amélioration globale de la MDT. Ces résultats sont cohérents avec les écrits scientifiques menés sur le même sujet.

Cette intervention avait également un effet de grande taille sur les composantes de la MDT. Ces progrès notables sont attribuables à l'entraînement cognitif, ces résultats ont été également approuvés par les analyses des scores obtenus d'après le logiciel Cogmed. La comparaison inter-groupes a mis en évidence l'effet positif de cette intervention. Il a été démontré que l'amélioration de la MDT chez le groupe qui a fait l'entraînement, est un résultat qui n'est pas éventuel ou spontané, mais il est le fruit d'un travail effectué sur la mémoire de travail qui consiste à entraîner cette fonction avec un programme spécifié de la remédiation cognitive.

En conclusion, et après avoir démontré le grand effet de l'entraînement cognitif sur la performance de la MDT, cette intervention cognitive pourrait être envisagée dans la prise en charge neuropsychologique des enfants dyslexiques marocains, ce qui engendrerait sans doute des répercussions positives sur leurs capacités d'acquisition et d'apprentissage. Ainsi l'entraînement de la MDT pourrait être une stratégie de compensation dans le cadre de la réhabilitation cognitive.

Somme toute, les résultats de cette étude sont encourageants à plusieurs égards. Cependant, on peut malgré tout se demander si un programme d'entraînement dont la durée est de seulement quelques semaines peut produire de réels bénéfices à long terme, alors que la MDT; comme toutes les fonctions cognitives, nécessiterait d'être entraînée en permanence pour préserver sa performance. À ce sujet, il serait pertinent que les futures études se penchent sur la vérification du maintien des acquis de la MDT au fil de temps. Il faut mentionner aussi que la généralisation des résultats obtenus demeure limitée par certains facteurs, tel que la petite taille de l'échantillon qui affecte la puissance statistique de l'étude. Il est recommandé alors de recruter un nombre plus grand de dyslexiques dans les études prochaines.

En résumé, les résultats de cette étude sont prometteurs, et pour en investir davantage, les entraînements de la MDT doivent être étudiés encore plus profondément chez les jeunes dyslexiques. Ainsi il serait pertinent que les recherches futures portent d'une part sur le maintien des gains de l'entraînement de la MDT dans le temps, et d'autre part sur le transfert de ces acquis sur les habiletés déficitaires en lecture et en écriture, caractéristiques essentielles de ce trouble.

Références

- American Psychiatric Association. (2015). *Manuel Diagnostique Et Statistique Des Troubles Mentaux* (M. A. Crocq & J. D. Gueli, Trad., 5e éd.). Elsevier Masson. <https://doi.org/10.1177/1359104513502138>
- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). *Working memory*. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. 8, 47-89. New York, NY: Academic Press. [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60452-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60452-1)
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. *Cognitive psychology*. 2(2), 166-168. <https://doi.org/10.1002/acp.2350020209>
- Baddeley, A. D. (1992, 31janvier). *Working memory*. *Science* 255 (5044), 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Barrouillet, P., Billard, C., de Agostini, M., Démonet, J-F., Fayol, M., Gombert, J-E., Habib, M., Le Normand, M-T., Ramus, F., Sprenger-Charolles, L. (31 Jul 2017). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: bilan des données Scientifiques*. Inserm. <https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01570674>
- Bessac, J. (2013). *Le dictionnaire pratique des troubles des apprentissages*. Tom Pousse <https://tompousse.fr/livre/troubles-des-apprentissages-dictionnaire-pratique/>
- Bouayad, M. & El-Mir, M. (2022). *The impact of executive functions on reading comprehension*. *Arab Journal of Psychology*, 7(1). 125-144. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21084871.v1>
- Bouvier-Chaverot, M., Peiffer, E., N'Guyen-Morel, M-A., Valdois, S., & Eurotext, J. L. (2012). *Un cas de dyslexie développementale avec trouble isolé de l'empan visuo-attentionnel*. *Revue de neuropsychologie*. 4(1), 24-35. <https://doi.org/10.3917/rne.041.0024>
- COGMED Coaching Manual, (2022). *COGMED Programme de remédiation de la mémoire de travail*. www.cogmed.com
- Dahbi S. & El-Mir, M. (2020). *Impact de la dépression sur la mémoire de travail: Etude comparative du fonctionnement de la mémoire de travail chez un groupe de patients avec trouble dépressif caractérisé et un groupe témoin*. *Arab Journal of Psychology*, 5(2), 178-188. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21151630.v1>
- Dion, D. (2018, Janvier). *Entraînement de la mémoire de travail chez des élèves du Premier cycle du primaire : effets sur la mémoire de travail et Les habiletés en lecture*. [Thèse du doctorat]. Université de Sherbrooke. <http://hdl.handle.net/11143/11853>
- El-Haddadi, A. & El-Mir, M. (2022). *Working memory training in patients with schizophrenia*. *Arab Journal of Psychology*, 7(1). 41-53. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21084868.v2>
- El-Mir, M. (2017). *The effect of working memory capacity on word recognition speed in Arabic second grade readers*. *Arab Journal of Psychology*, 3(1), 149-160. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12155970.v1>
- El-Mir, M. (2018). *The role of emotional processes in memory functioning*. *Arab Journal of Psychology*, 3(2), 94-103. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12155955.v1>
- El-Mir, M. (2018). *Working memory, phonological awareness and word recognition in Arabic orthography*. Conference contribution, The 3rd Psychonomics International meeting. At: Amsterdam, The Netherlands. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12156150.v1>
- El-Mir, M. (2019). *Impact of memory on school performance*. *Arab Journal of Psychology*, 4(2), 184-196. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12152199.v1>
- El-Mir, M. (2020). *Effect of working memory capacity on Arabic reading development in primary school pupils in Morocco*. *Arab Journal of Psychology*, 5(1), 92-106. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21586932.v1>
- El-Mir, M. (2021). *Memory span: determinants and measures*. *Arab Journal of Psychology*, 6(2), 103-117. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21151528.v1>
- El-Mir, M. (2022). *Reading and working memory*. Books Cultural Center: Casablanca, Beirut, ISBN: 978-9920-677-25-7. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21096664.v1>
- Entraînement cognitif. (2022, 5 avril). Dans Wikipédia. https://fr.wikipedia.org/wiki/Entra%C3%A9nement_cognitif

- Guennach, A. & El-Mir, M. (2019). *Autism spectrum disorder and working memory: A comparative study between children with ASD and normal children*. Arab Journal of Psychology, 4(2), 123-133. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12155694.v2>
- Fournier, S., & Monjauze, C. (Mars 2000). *La mémoire de travail*. Rééducation orthophonique, 38(201), 19-42. <https://www.orthoedition.com/revues/n-la-memoire-pdf-366.html>
- Habib, M., Joannette, Y., & Lecours, A. R. (2000). *Le cerveau humain et les origines du langage*. Médecine/ Science 2000, 16(2), 80-171. <http://hdl.handle.net/10608/1618>
- Institut national de la santé et de la recherche médicale, (2007). *Dyslexie dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques*. <http://hdl.handle.net/10608/110>
- International Business Machines, (2022). *SPSS [Logiciel]*. IBM SPSS Statistics. <https://www.ibm.com/fr-fr/products/spss-statistics>
- Klingberg, T. (2004). *COGMED [Logiciel]*. <https://www.COGMED.com/about>
- Lapierre, M. (2008). *Mise au point et validation d'un programme de rééducation pour les enfants présentant une dyslexie à prédominance visuelle ou mixte*. [Thèse du doctorat]. Université du Québec <https://depot-e.uqtr.ca/id/eprint/1814/1/030055904.pdf>
- Lussier, F., Chevrier, E., & Gascon, L. (2017). *Troubles spécifiques des apprentissages. Dans Neuropsychologie de l'enfant et de l'adolescent*. (3e éd). (pp. 513-586). Dunod <https://www.cairn.info/neuropsychologie-de-l-enfant-et-de-l-adolescent-9782100762408-page-513.htm>
- Maisonneuve, M-F., & Normand, S. (2011). *La dyslexie démystifiée*. Les éditions Québecor. <https://www.babelio.com/livres/Normand-LA-dyslexie-demystifiee-de-A-a-Z/947277>
- Majerus, S. & Poncet, M. (2017, novembre). *Dyslexie et déficits de la mémoire à court terme/de travail : implications pour la remédiation*. A.N.A.E. (148). https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/217880/1/ANAE_2017a.pdf
- Mazeau, M., Habib, M., Lefebvre, C., Peyroux, E., Krasny-Pacini, A., Roy, A., & Majerus, S. (2018). *Rééducation cognitive chez l'enfant : Apport des neurosciences, méthodologie et pratique*. De Boeck Supérieur <https://www.cairn.info/reeducation-cognitive-chez-l-enfant--9782353274406-page-9.htm>
- Meunier, J. C. (2014). *La Dyslexie ? Les neurosciences peuvent servir!* Analyse FAPEO. <http://www.fapeo.be/tag/dyslexie/>
- Naciri, M. & El-Mir, M. (2019). *Reading and phonologico-morphological characteristics of Arabic: a comparative study of good readers and dyslexics*. Arab Journal of Psychology, 4(1), 67-79. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12155937.v1>
- Nicolle, J. A. (2021). *Mécanisme d'intégration et de décodage de la parole: études chez le sujet sain et dyslexique*. [Thèse de doctorat, Université Genève et Lausanne]. Archive ouverte UNIGE. <https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:152922>
- Polus, B. (2014). *La mémoire de travail. Aspects théoriques et évaluation*. <https://www.slideserve.com/raheem/la-memoire-de-travail>
- Rossi, J-P. (2005). *La mémoire de travail. Psychologie de la mémoire*. (1e éd). (pp. 23- 29). Edition de Boeck. <https://www.cairn.info/psychologie-de-la-memoire--9782804149499.htm>
- Rousselle, M., & Abadie, M. (2021). *La mémoire de travail dans la dyslexie : Dysfonctionnements et pistes de remédiation*. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, A.N.A.E, pp.154- 161. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03266764>
- Sedjari, S. & El-Mir, M. (2021). *Entraînement de la mémoire de travail dans le trouble du spectre de l'autisme*. Arab Journal of Psychology, 6(1), 194-209. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.21151609.v1>
- Sprenger-Charolles, L., & Serniclaes, W. (2003). *Acquisition de la lecture et de l'écriture et dyslexie: revue de la littérature*. Revue française de linguistique appliquée, 8(1), 63-90. <https://doi.org/10.3917/rfla.081.0063>
- Taille d'effet. (2021, 7 novembre). *Dans Wikipédia*. https://fr.wikipedia.org/wiki/Taille_d%27effet
- Therrien, H. (2021). *Remédiation cognitive de la mémoire de travail auprès d'élèves qui ont une dyslexie ou qui sont à risque de présenter ce trouble et évaluation des impacts sur la mémoire de travail et les compétences en lecture et en écriture*. [Thèse du doctorat]. Université de du Québec à Montréal <http://archipel.uqam.ca/id/eprint/14453>

Wahl, G., & Wahl, M. (2020). *La dyslexie. Les enfants dys.* (1e éd.). (pp. 7-26). Que sais-je ? Presses Universitaires de France/ <https://doi.org/10.3917/puf.wahl.2020.01>

Wiktionnaire. (2022). *Dyslexie.* Dans *le dictionnaire Wiktionnaire.* <https://fr.wiktionary.org/wiki/dyslexie>

Zebib, R. (2009,27 novembre). *Le Rôle de l'Apprentissage de la Lecture dans le Développement de la Mémoire de Travail.* [Thèse du doctorat]. Université François-Rabelais de Tours. http://theses.scd.univ-tours.fr/2009/racha.zebib_2981.pdf