



HAL
open science

Avantage cognitif dans une cohorte d'enfants dysgraphiques : Analyse préliminaire de la base de données "Résodys"

Aude Joffroy-Frixons, Marieke Longcamp, Jean-Luc Velay, Michel Habib

► To cite this version:

Aude Joffroy-Frixons, Marieke Longcamp, Jean-Luc Velay, Michel Habib. Avantage cognitif dans une cohorte d'enfants dysgraphiques : Analyse préliminaire de la base de données "Résodys". A.N.A.E. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant, 2023, 186. hal-04296001

HAL Id: hal-04296001

<https://amu.hal.science/hal-04296001v1>

Submitted on 20 Nov 2023

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.

Copyright

Avantage cognitif dans une cohorte d'enfants dysgraphiques : Analyse préliminaire de la base de données «Résodys»

A. JOFFROY-FRIXONS^{a,b,c}, M. LONGCAMP^{a,b}, J-L. VELAY^{a,b} et M. HABIB^{a,c}

^a LNC - Laboratoire de Neurosciences Cognitives, [Marseille]

^b Aix-Marseille Université

^c Institut Neurodys-PACA, [Marseille]

RÉSUMÉ

Dans cette étude, nous avons testé l'hypothèse d'une spécificité de la dysgraphie (DG) au sein des troubles du neurodéveloppement (TND). Pour cela, nous avons examiné le profil cognitif d'enfants DG issus de la cohorte Résodys. Les résultats montrent un profil particulier des enfants DG (performances en compréhension verbale supérieures des enfants DG par rapport aux enfants présentant des TND sans DG et à la population générale). Ceci indique l'existence d'un trouble dysgraphique spécifique.

Mots clés : écriture – dysgraphie – WISC-V - compréhension verbale

ABSTRACT

In this research, we tested the hypothesis that dysgraphia (DG) is specific to neurodevelopmental disorders (NDD). To do this, we examined the cognitive profile of DG children from the Résodys cohort. The results show a particular profile of GD children (higher performance in verbal comprehension in DG children compared with children with NDD without DG and with the general population). This indicates the existence of a specific dysgraphia disorder.

Key words : writing - dysgraphia - WISC-V - verbal comprehension

RESUMEN

En este estudio, probamos la hipótesis de una especificidad de la disgrafía (DG) dentro de los trastornos del neurodesarrollo (TND). Para ello, examinamos el perfil cognitivo de los niños con DG de la cohorte Résodys. Los resultados muestran un perfil particular de los niños con DG (mayor rendimiento en comprensión verbal en los niños con DG en comparación con los niños con TGD sin DG y con la población general). Esto indica la existencia de un trastorno disgráfico específico.

Palabras clave : escritura - disgrafía - WISC-V - comprensión verbal

INTRODUCTION

La dysgraphie développementale (DG) n'est actuellement pas considérée comme une entité clinique isolée dans les nosographies internationales. Elle est soit incluse parmi les troubles spécifiques du langage et des apprentissages (TSLA) sous l'étiquette du trouble de l'expression écrite, soit mentionnée dans le contexte du trouble développemental de la coordination (TDC). Le terme même de dysgraphie ne fait pas l'objet d'un consensus (Hamdioui & Vaivre-Douret, 2020, Lopez & Vaivre-Douret, 2021b).

Selon une première vision, la dysgraphie serait un symptôme résultant de troubles neurodéveloppementaux (TND) dans lesquels les fonctions déficitaires participent à l'écriture (Jover 2012). Cette idée repose sur la description d'une incidence importante de troubles de l'écriture dans le contexte de plusieurs TND (Kaplan et al., 1998, Chung et al., 2020, Danna et al., 2016) et en particulier dans le TDC (Geuze, 2005 ; Magalhaes et al., 2011, Nicolson & Fawcett, 2011, Barry, 2012, Lopez et al., 2018, Biotteau et al., 2019) et la dyslexie (DL) (Gosse et al., 2022, Albaret et al., 2013, Capellini et al., 2010, Alamargot et al., 2020), mais aussi dans les troubles visuo-spatiaux (Döhla et al., 2018, Lopez & Vaivre-Douret, 2021a, Hamdioui & Vaivre-Douret, 2020), le trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité (Piek et al., 1999, Tucha & Lange, 2004, DuPaul et al., 2013, Capodici et al., 2018) et les troubles du spectre autistique (Hellinckx et al., 2013).

Selon une deuxième vision, la dysgraphie pourrait constituer une entité clinique en tant que telle. Soppelsa et Albaret (2014) postulent l'existence d'un trouble de l'apprentissage de la graphomotricité (TAG) pour « rendre compte de l'ensemble de ces troubles développementaux [de l'écriture] et de leur caractère possiblement isolé ». Dans cet esprit, la dysgraphie développementale est définie comme un trouble cognitif qui se manifeste par une incapacité, pour un élève, de répondre aux attentes scolaires en termes de lisibilité, de régularité et de rapidité malgré un enseignement adéquat de l'écriture et des capacités intellectuelles intactes, à l'exclusion de troubles acquis ou imputables à une affection neurologique conformément aux critères admis pour les TND du DSM-V (Chung et al., 2020). Le but de notre étude était de tester cette hypothèse de l'existence d'un trouble dysgraphique spécifique.

Pour tester la spécificité du trouble, une approche possible consiste à examiner le profil cognitif d'enfants dysgraphiques. En effet, écrire requiert une large gamme de compétences. De la planification langagière au contrôle moteur manuel, de nombreuses fonctions cognitives sont sollicitées pour obtenir une écriture efficiente, tout en minimisant les ressources utilisées (Geertsens et al., 2016, Lopez & Vaivre-Douret, 2021b). La fluidité et la précision du geste graphique sont donc les résultantes comportementales d'un ensemble complexe de mécanismes se produisant en amont. Par exemple, des travaux montrent que le traitement des aspects orthographiques des mots impacte le contrôle du geste chez l'enfant (Bourdin & Fayol, 2002, Nottbusch et al., 2007, Kandel & Perret, 2015), ou que les fonctions de contrôle exécutif implémentées au niveau frontal sont fortement mobilisées pendant l'acquisition de l'écriture manuscrite (Alamargot et al., 2005, Berninger et al., 2017, Palmis et al., 2021). Il est donc possible qu'une configuration spécifique de ces fonctions génère des difficultés graphomotrices chez certains enfants, qui pourraient ou pas être combinées à d'autres difficultés. Cette approche d'exploration du profil cognitif sur la base de tests cognitifs ou neuropsychologiques a déjà été appliquée à l'exploration de divers troubles (Giofrè & Cornoldi, 2015, Toffalini et al., 2017, Giofrè et al., 2017). Dans la plupart des études, les auteurs analysent les résultats aux différents sous-tests de l'échelle d'intelligence de Wechsler, et les indices associés. Le but est de rechercher des sous-profil à l'intérieur d'un ou plusieurs groupes d'enfants souffrant de troubles, pour mieux comprendre les mécanismes impliqués dans les déficits ou dans les comorbidités. Par exemple, Toffalini et al. (2017) ont identifié des profils cognitifs en partie différents dans les différents TSLA, dans le contexte d'une atteinte générale de la mémoire de travail et de la vitesse de

traitement (voir aussi pour la DL : Moll et al., 2016, Giofre et al., 2019, Maziero et al., 2020 ; pour le TDC : Sumner et al., 2016). Dans le contexte de ces études, les auteurs ont fréquemment observé des profils cognitifs plus variables chez les enfants atteints de troubles. Cette plus forte hétérogénéité cognitive se traduit au niveau des résultats au WISC par des différences intra-individuelles importantes entre indices chez les enfants porteurs de certains troubles comparativement à la population générale (D'Angiulli & Siegel, 2003, Giofrè & Cornoldi, 2015, Toffalini et al., 2017, Giofrè et al., 2017, Saklofske et al., 2012). Même si cette hétérogénéité est discutée (Labouret & Grégoire (2018) ont par exemple rapporté qu'elle peut aussi se retrouver fréquemment chez les enfants tout-venant), elle semble plus massive chez les enfants atteints de TND. Par ailleurs, si la plupart des études recherchent essentiellement des facteurs de « risque cognitif », c'est-à-dire des domaines déficitaires dans un trouble donné, certains auteurs défendent une approche plus large, dite « pattern de forces et faiblesses » (voir Compton et al. ; 2012, dans le cadre des TSLA). Un profil cognitif donné pourrait donc se caractériser par une performance dégradée dans certains domaines et des avantages dans d'autres domaines. Cette approche pourrait permettre de lancer des pistes de réflexion sur les mécanismes constitutifs de la dysgraphie (pour des approches similaires voir : Giofrè & Cornoldi, 2015, Toffalini et al., 2017, Giofrè et al., 2017, Okada et al., 2021, Audras-Torrent et al. 2020, Becker et al., 2021).

Dans ce travail, notre objectif était de préciser le profil cognitif d'enfants présentant une dysgraphie, telle que définie dans le TAG. Nous avons cherché à comprendre, à partir de l'évaluation des aptitudes cognitives mesurées dans le test WISC-V, si ces enfants se caractérisent par une hétérogénéité cognitive, ainsi que par des atteintes ou des avantages systématiques dans certains domaines, qui les distingueraient d'enfants tout venant et d'enfants présentant d'autres troubles.

Pour cela, nous avons analysé les données du test clinique WISC-V provenant d'enfants de la cohorte dite Résodys. Résodys est une structure spécialisée TSLA de niveau 2 pratiquant systématiquement des bilans dans les différents domaines des fonctions cognitives et praxiques. Les enfants y sont adressés après échec d'une première prise en charge. Ainsi, la population concernée constitue un sous-groupe des TSLA, de plus forte sévérité que le tout-venant, et dont la problématique est typiquement indissociable de la notion de comorbidité (entre les domaines du langage (oral et/ou écrit), de l'attention et des fonctions exécutives, et de la fonction de coordination motrice). En plus des diagnostics disponibles selon les critères de la CIM 10, l'exploration des bilans réalisés chez 154 enfants de la cohorte nous a permis d'identifier la présence d'une dysgraphie chez 87 d'entre eux. Nous avons d'abord comparé les enfants dysgraphiques ainsi isolés à la population de référence du WISC-V pour identifier de possibles spécificités dans certains domaines et évaluer l'hétérogénéité cognitive des dysgraphiques. Nous avons ensuite comparé directement les dysgraphiques aux non-dysgraphiques issus de la même cohorte. Les deux groupes d'enfants présentaient des TSLA de même nature et de même sévérité, la présence de troubles de l'écriture étant le facteur principal les distinguant. L'existence de différences dans le profil cognitif des deux groupes confirmerait donc notre hypothèse.

Enfin, afin de vérifier la spécificité des profils cognitifs observés chez les enfants dysgraphiques par rapport aux enfants ayant d'autres troubles, nous avons catégorisé les enfants de l'échantillon en fonction des troubles dysgraphiques, dyslexiques et du développement de la coordination afin de comparer les profils cognitifs dans les 3 cas. En effet, dyslexie et TDC sont fréquemment associés à des troubles de l'écriture (INSERM & CNSA, 2019 ; Jover & Huau, 2021), et des changements dans la performance en écriture ont été mis en évidence en lien avec la dyslexie (Gosse et al., 2022, Dohla et al., 2018, Alamargot et al., 2020) et le TDC (Huau et al., 2015, Prunty et al., 2014, Prunty & Barnett, 2020, Smits-Engelsman et al., 2003). Ainsi, si la dysgraphie

était un symptôme de la dyslexie ou du TDC, le profil des enfants dysgraphiques ne devrait pas se distinguer nettement de celui des enfants dyslexiques et TDC.

MATERIEL ET METHODE

La cohorte Résodys

L'association Neurodys-PACA a pour mission d'organiser les soins dans le domaine des troubles de l'apprentissage et du neurodéveloppement, et de s'assurer qu'ils soient prodigués de manière optimale auprès de la population de la région PACA. A ce titre, elle met à la disposition des familles concernées par un ou plusieurs TND un ensemble de dispositifs spécialisés dont le réseau de santé Résodys.

Neuf cent cinquante enfants ont été suivis par le réseau de santé Résodys sur les années 2020 et 2021. Ces prises en charge répondent à la définition du niveau 2 d'intervention d'après le guide HAS du parcours de soin de l'enfant présentant des TSLA (HAS, 2017). Tous les parents (ou le représentant légal) ont donné leur consentement à l'exploitation des informations anonymisées concernant leur enfant, à des fins d'études statistiques ou épidémiologiques. Ils ont également été informés que leur accord pouvait être dénoncé à tout moment par courrier adressé à l'association Neurodys-PACA.

Cette étude s'inscrivant dans le contexte d'une évaluation préliminaire, nous avons sélectionné 164 dossiers comportant un bilan neuropsychologique qui incluait la passation du WISC-V ainsi qu'un bilan en psychomotricité ou en ergothérapie visant à explorer les fonctions praxiques et scripturales des enfants concernés. Les facteurs d'exclusion suivants ont été appliqués : présence de pathologies neurologiques (e.g. traumatisme crânien, syndrome épileptique) ou psychiatrique (e.g. trouble envahissant du développement non autistique) ainsi qu'une déficience intellectuelle caractérisée par un résultat inférieur à 80 sur l'ensemble des cinq indices principaux au test WISC-V. Enfin, tous les enfants devaient être scolarisés et âgés de 6 ans au moins pour répondre au prérequis de passation du WISC-V. Le français n'était pas la langue maternelle de tous les enfants de cet échantillon.

L'échantillon final comportait 152 enfants (108 garçons et 44 filles) dont l'âge moyen au moment du bilan neuropsychologique était de 9 ans et 8 mois (écart type de 2 ans et 3 mois).

Diagnostics :

Les évaluations cliniques des enfants de l'échantillon ont été réalisées par des professionnels médicaux ou paramédicaux (médecins coordinateurs, neuropsychologues, psychomotriciens, ergothérapeutes ou orthophonistes). La dysgraphie ne relevant d'aucune catégorie nosographique spécifique à ce jour, elle a été évaluée par une exploration systématique des dossiers.

Diagnostic de dysgraphie :

Pour catégoriser un enfant comme atteint ou non de dysgraphie, nous avons procédé à une revue systématique des éléments relatifs à l'écriture.

Dans la plupart des dossiers inclus dans l'échantillon, l'écriture manuscrite a été évaluée avec l'adaptation française du test d'évaluation rapide de l'écriture manuscrite BHK pour les enfants (Charles et al., 2003) ou pour les adolescents (BHK-ado, Soppelsa & Albaret, 2013). Deux mesures relatives à la copie d'un texte pendant une durée de 5 minutes ont été utilisées : le score qualitatif total des critères correctifs appelé notes standard de dégradation et celui du nombre de mots écrits pendant toute la passation. Ces mesures ont ensuite été traduites en termes de

déviance par rapport à la moyenne du groupe d'étalonnage selon l'âge et exprimées en nombre d'écart-type.

Pour considérer un déficit de la qualité et/ou de la vitesse d'écriture (Casteran et al., 2021) nous avons calculé la valeur absolue de la différence des deux notes standards (dégradation – vitesse) à laquelle nous avons appliqué le seuil de 2 écarts-types conformément à la pratique. Nous avons également vérifié que ce critère de 2 écarts-types relatif aux notes standards au BHK était systématiquement associé avec :

- une plainte concernant la vitesse et la lisibilité relayée tant par les enseignants que les parents et/ou l'enfant lui-même.
- et/ou une plainte relative à des douleurs ou à une pénibilité exprimée par les enfants lors des consultations avec les différents professionnels de santé mais aussi à travers l'adaptation française du Children's Questionnaire for Handwriting Proficiency (CHaP) (Barray, 2012)

En l'absence de BHK (55 dossiers), nous avons reporté le diagnostic posé par le médecin coordinateur.

Un dossier a été exclu du groupe dysgraphique en raison d'un trouble visuel handicapant de la fixation et de la poursuite oculaire non corrigé au moment de l'évaluation de l'écriture.

Diagnostics des TND :

Les diagnostics de TND ont été posés par un médecin coordinateur du réseau en fonction des critères définis par la CIM 10. C'est à partir de ces diagnostics que nous avons catégorisé les enfants comme DL /non DL et TDC / non TDC. Les dossiers comportaient également des informations concernant les diagnostics suivants : trouble du langage oral (TLO), dysorthographe (DO), Dyscalculie (DC), trouble de déficit de l'attention avec et/ou sans hyperactivité (TDA/H) et trouble du spectre autistique (TSA). Dans cette étude préliminaire, ces informations n'ont pas été exploitées.

Constitution finale de l'échantillon :

Le réseau de santé Résodys intervient en deuxième intention, i.e. après l'échec d'une première prise en charge thérapeutique. 95% des enfants de la cohorte présentent donc un profil « multi-dys ». La médiane du nombre de diagnostics relevant d'un TND se situe à trois (intervalle interquartile= [2;4]) (détails tableau 1).

Tableau 1 : Distribution des effectifs pour chaque trouble du neurodéveloppement en fonction du nombre de troubles diagnostiqués

Nombre de troubles diagnostiqués	TLO	Dlex	Dorth	Dcal	Dgra	TDC	TDA/H	fréquences
1	0	1	0	1	0	3	3	5%
2	6	9	8	2	14	8	15	20%
3	14	28	28	5	21	15	25	30%
4	13	27	27	8	23	18	20	22%
5	9	22	19	5	21	20	17	15%
6	8	10	10	5	8	10	9	7%
fréquences	33%	64%	61%	17%	57%	49%	59%	

Sur les 152 enfants de l'échantillon, 87 enfants ont reçu un diagnostic de dysgraphie, 97 enfants ont reçu un diagnostic de dyslexie et 74 enfants ont reçu un diagnostic de trouble du

développement de la coordination. (détails tableau 2). Une proportion importante des enfants présentait à la fois une dysgraphie et une dyslexie et/ou un TDC.

Tableau 2: effectifs, ratio fille/garçon et âges moyens(en années et mois) de l'échantillon en fonction des diagnostics DG, DL et TDC

diagnostic	effectif total		ratio fille/garçon			âge (moyenne+/- écart type)		
échantillon total	152		2/5			[9a 8m+/-2a 3m]		
DG/noDG	87	/ 65	1/4	/	2/3	[9a 5m+/-2a 2m]	/	[10a 9m+/-2a 4m]
DL/noDL	97	/ 55	3/8	/	1/2	[10a 8m+/-2a 3m]	/	[9a 5m+/-2a 3m]
TDC/noTDC	74	/ 78	1/3	/	1/2	[9a 4m+/-2a 3m]	/	[10a 9m+/-2a 2m]
DG+DL	53		1/8			[10a 6m+/-2a 2m]		
DG+TDC	54		1/3			[9a 4m+/-2a 6m]		
DG+DL+TDC	31		1/5			[9a 6m+/-3a 7m]		

Évaluation des aptitudes cognitives :

Tous les enfants ont passé l'adaptation française de la cinquième édition de l'échelle d'intelligence Wechsler (Wechsler, 2016) dont la cotation a été réalisée en fonction de l'âge. Le WISC-V est un test d'intelligence administré individuellement pour les enfants âgés de 6 ans, 0 mois à 16 ans, 11 mois. En France, il a été étalonné à partir d'un échantillon de référence de 1100 d'enfants (Wechsler, 2016) afin de modéliser la répartition du quotient intellectuel dans la population générale. Il contient dix subtests principaux ainsi que cinq subtests secondaires qui permettent de calculer cinq indices principaux et cinq indices complémentaires. Chaque indice est calculé à partir de 2 subtests. Pour chaque subtest, les notes brutes sont converties en notes standard selon une répartition normale de moyenne 10 et d'écart type 3. Pour chaque indice, les notes brutes sont converties en notes standard selon une répartition normale de moyenne 100 et d'écart type 15.

Dans le cadre de cette étude, nous avons analysé les notes standard aux dix subtests principaux et aux cinq indices principaux.

Le subtest « similitudes » (SIM) évalue les capacités de conceptualisation et de catégorisation des enfants en modalité orale. Cette épreuve n'est pas directement corrélée au niveau linguistique des enfants car elle ne prend pas en considération la formulation syntaxique ou grammaticale de la réponse mais uniquement son niveau de conceptualisation (sensoriel, fonctionnel ou décontextualisé). Le subtest « vocabulaire » (VOC) repose sur les capacités d'apprentissage implicite du vocabulaire. Cette épreuve est sensible au milieu socio-culturel dans lequel l'individu évolue car il dépend de la richesse des interactions verbales dont l'enfant bénéficie (Grégoire, 2021). Selon Wechsler, il renseigne sur la capacité d'apprentissage de l'enfant communément appelée intelligence cristallisée. Ces deux subtests servent au calcul de l'indice de compréhension verbale (ICV).

Le subtest « cubes » (CUB) évalue les capacités de traitement visuo-spatial à la fois dans leur versant perceptif et constructif car il requiert la manipulation de cubes en 3 dimensions pour reproduire un dessin présenté en 2 dimensions. Le subtest « puzzle » (PUZ) consiste à décomposer mentalement une figure présentée pour en trouver les éléments élémentaires. Ces deux subtests servent au calcul de l'indice visuo-spatial (IVS).

Le subtest « matrices » (MAT) évalue les capacités à déterminer une règle et à la mettre en œuvre. Ce subtest fait également appel aux compétences visuo-spatiales ainsi qu'à la mémoire de travail. Le subtest « balances » (BAL) fait intervenir les capacités de raisonnement inductif et déductif sur une base numérique. Ces deux subtests servent au calcul de l'indice de raisonnement fluide (IRF).

Selon le modèle de Baddeley, les deux subtests « mémoire des chiffres » (MC) et « mémoire des images » (MI) font intervenir à la fois la capacité de stockage de l'information sous la forme de la boucle phonologique et le rôle de l'administrateur central pour la manipulation de l'information en mémoire. Ces deux subtests servent au calcul de l'indice de mémoire de travail (IMT).

Enfin, le subtest « codes » (COD) s'appuie sur les capacités d'apprentissage notamment en termes de vitesse et de qualité. L'enfant devant recopier sur papier des symboles complexes, le niveau graphomoteur influence la performance à ce subtest. Le subtest « symboles » (SYM) reflète l'aptitude à repérer rapidement des similitudes et des différences entre plusieurs stimuli visuels. De ce fait, les capacités visuo-attentionnelles sont sollicitées dans cette épreuve. Ces deux subtests servent au calcul de l'indice de vitesse de traitement (IVT).

Le calcul du QIT repose sur les subtests SIM, VOC, CUB, MC, MAT, BAL et COD. Cette mesure étant une estimation de l'efficacité cognitive globale d'un individu, elle n'est que faiblement informative quant aux compétences cognitives spécifiques.

Analyse des données

Logiciels

Nous avons utilisé les logiciels RStudio version 3.0 et JASP version 0.16.4 pour le traitement statistique. Les données ont été analysées à l'aide des packages BioStatR, Bolstad, stats, lawstat, pastecs, forcast et Matrix.

Prétraitements et comparaisons statistiques

Les variables qualitatives relatives au diagnostic d'un TND donné ont été codées selon un code binaire (1: présence du trouble/0: absence du trouble).

Description du profil cognitif des enfants dysgraphiques :

Les indices issus du test WISC-V (notes standard pour chaque subtest, indices et QIT) ont été extraits pour chacun des enfants de l'échantillon. La normalité du QIT a été vérifiée par visualisation du graphique quantile-quantile. Les calculs des indices d'aplatissement et d'asymétrie satisfont aux critères de normalité énoncés par Howell (2016; asymétrie comprise entre -1.3 et +1.3 et aplatissement entre -2 et +2).

Comparaisons inter-échantillon DG/REF

Hétérogénéité des profils cognitifs

D'une part, l'hétérogénéité des profils cognitifs a été établie en confrontant la différence entre paire de subtests aux valeurs critiques au seuil de confiance .15 mentionnées dans la table B7 du manuel d'administration et de cotation. Ce calcul nous a permis d'estimer, pour le groupe des enfants dysgraphiques, le nombre d'individus pour lesquels les différences de notes standard entre paires de subtests principaux dépassaient la valeur critique attendue.

D'autre part, l'hétérogénéité a été évaluée à partir de la différence entre les indices ICV et IVT. La proportion d'enfants pour lesquels cette différence est supérieure à l'écart critique de 23 points a été comparée aux critères définis par Labouret & Gregoire (2018).

Dispersion des indices

Les analyses de comparaison de distributions avec la population de référence (REF) ont été réalisées à l'aide des informations fournies dans le manuel d'administration et de cotation du WISC-V (tables A2 à A7, B2, B4, B6).

Les dispersions des groupes (DG/REF) ont été comparées avec le test d'homogénéité du χ^2 et/ou d'un test de Kolmogorov.

Comparaisons inter-groupes dans l'échantillon selon les diagnostics (DG, DL et TDC)

Les moyennes aux subtests et indices du WISC-V ont été comparées avec des tests T de Student inférentiels et/ou bayésiens selon les sous-groupes (DG/noDG; DL/noDL; TDC/noTDC). La méthode bayésienne se distingue des comparaisons classiques par une approche subjective des données. Ainsi, on évalue la probabilité d'existence d'un modèle comparativement à un autre. La force de la preuve a été qualifiée selon l'échelle de comparaison de Jeffrey (1961) à savoir : peu importante pour $1 < BF < 3$; substantielle pour $3 < BF < 10$, forte pour $10 < BF < 30$, très forte pour $30 < BF < 100$ et décisive pour $BF > 100$

ANOVA à trois facteurs (DG, DL, TDC)

Des analyses de variance à trois facteurs avec tests post-hoc ont été initiées pour évaluer simultanément l'effet de trois troubles sur le subtest SIM. Afin de satisfaire aux conditions de validité de l'ANOVA, l'homoscédasticité des données a été vérifiée avec le test d'homogénéité des variances de Levene (Fox, 2016, Fox & Weisberg, 2019). Les résultats sont compatibles avec la modélisation par régression linéaire à $p = .05$.

RÉSULTATS

Comparaisons inter-échantillon DG/REF

Hétérogénéité des profils cognitifs

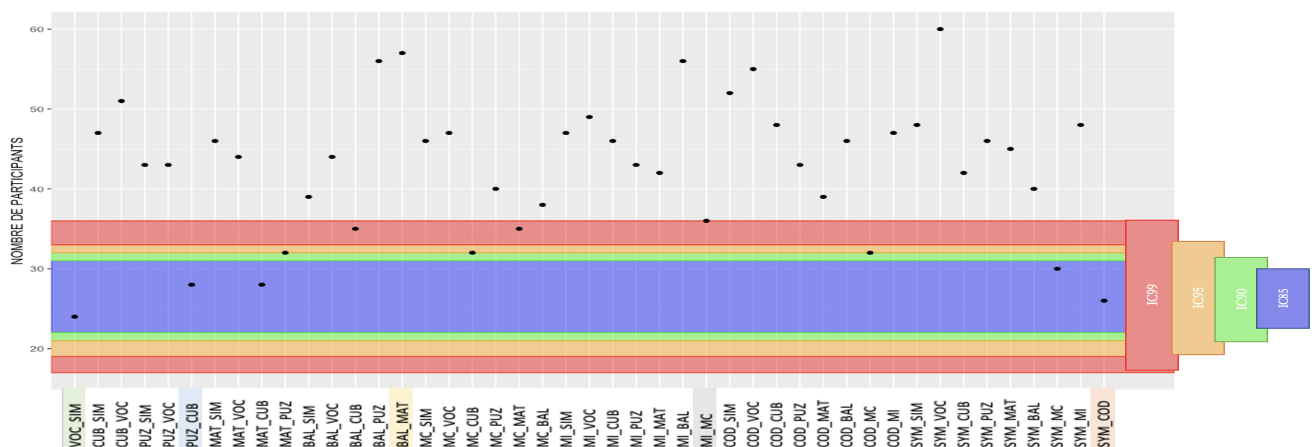


Figure 1 : nombre de dysgraphiques pour lesquels la différence entre les notes standard de deux subtests donnés est supérieure en valeur absolue à la valeur critique attendue dans la population de référence avec une incertitude bilatérale de 15%. Les couleurs représentent les intervalles de confiance du nombre de sujets attendu pour 87 sujets observés respectivement à 85 % (bande bleue), 90 % (bande verte), 95% (bande orange) et 99% (bande rouge)

Le manuel d'administration et de cotation du WISC-V indique les valeurs critiques pour lesquelles la différence entre deux subtests dépasse le seuil de 15%. La figure 1 présente le nombre d'enfants dont la différence inter-subtest excède la valeur critique pour toutes les paires de subtests.

Soixante-dix-huit pour cent des paires de subtests dépassent la borne maximale de l'intervalle de confiance à 99%(IC₉₉) (35 points sur 45 en dehors de la zone rouge sur le Figure 1). De plus, cet effectif peut atteindre 69% des DG (e.g. 60 enfants dysgraphiques sur 87 ont une différence SIM-VOC qui dépasse la valeur critique). Toutefois, les effectifs d'enfants présentant une hétérogénéité intra-indice (paires colorées sur l'axe des abscisses) ne sont pas en dehors des normes attendues sauf pour la différence BAL-MAT.

Selon Labouret & Grégoire (2018), un écart supérieur à 23 points entre deux indices fixés n'est significatif que lorsqu'il affecte une proportion inférieure à 8% ou supérieure à 18% des enfants d'un groupe étudié. Dans notre échantillon, nous avons observé que la proportion d'enfants dysgraphiques dont l'écart entre les indices ICV et IVT est supérieur à 23 points est située dans un IC₉₅ compris entre 31 et 52%. Nous pouvons donc en conclure que le groupe DG présente une hétérogénéité en termes de dispersion intra-individuelle entre ICV et IVT.

Dispersion des indices

Toutes les analyses de dispersion (Kolmogorov) des mesures d'indices (ICV, IVS, IRF, IMT, IVT) montrent des différences significatives à $p < .01$ dans la comparaison DG/REF. Globalement, REF obtient des notes standard supérieures à DG (Figure 2) pour tous les indices à l'exception de l'ICV, qui est supérieur chez DG par rapport à REF.

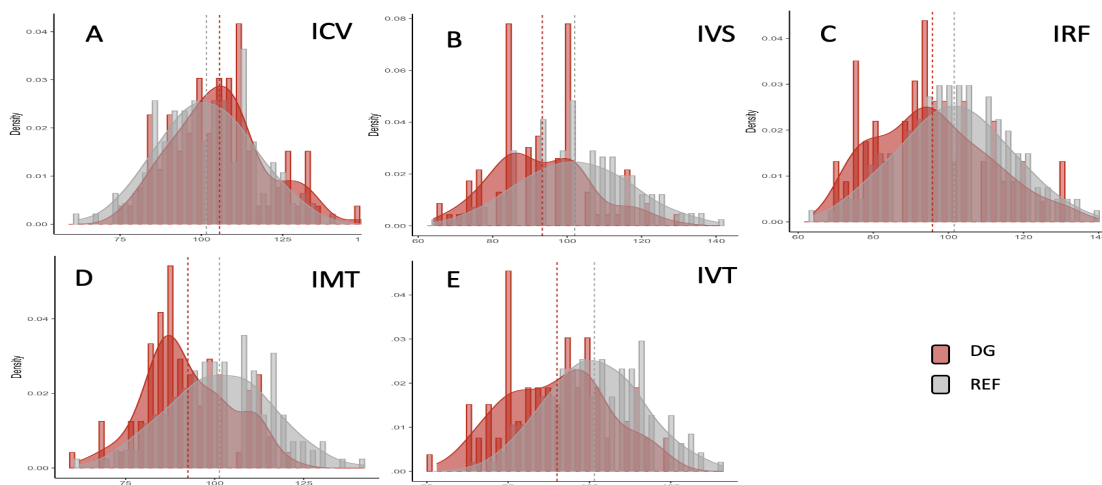


Figure 2: courbes de densité et histogramme de la répartition des mesures des 5 indices chez les dysgraphiques et pour la population de référence.

A: ICV (compréhension verbale) ; B: IVS (visuo-spatial); C: IRF (raisonnement fluide) D: IMT (mémoire de travail); E: IVT (vitesse de traitement)

La Figure 2A montre un déphasage initial de la courbe de densité indiquant que les mesures d'ICV du groupe DG sont supérieures à celles de REF. De plus, on constate localement une surreprésentation du groupe DG par rapport à REF sur les intervalles [95;110] et [125;150].

Comparaison des moyennes :

Les résultats (tableau 3) montrent des différences significatives entre dysgraphiques et moyenne attendue pour la population générale ($m = 10$) pour tous les subtests à l'exception de BAL. On constate que cette différence de moyennes est à l'avantage des dysgraphiques pour les subtests relatifs au calcul de l'ICV (SIM et VOC) alors qu'elle s'avère déficitaire pour tous les autres subtests.

Tableau 3 : moyennes et intervalles de confiance DG à tous les subtests principaux et comparaison aux valeurs de référence

subtest	DG		T-Test DG/REF		
	moyenne	intervalle de confiance à 95%	df	F	significativité
SIM	11,3	[10,6 ; 11,9]	86	4,1	***
VOC	10,8	[10,1 ; 11,4]	86	2,4	*
CUB	8,5	[7,9 ; 9]	86	-5,2	***
PUZ	9,1	[8,6 ; 9,7]	86	-2,9	***
MAT	9,2	[8,6 ; 9,8]	86	-2,6	*
BAL	9,4	[8,8 ; 10]	86	-2	
MC	8,5	[8 ; 9]	86	-6	***
MI	9	[8,4 ; 9,5]	86	-3,6	***
COD	7,9	[7,2 ; 8,6]	86	-5,8	***
SYM	8,5	[7,9 ; 9,2]	86	-4,7	***

significativité : *** pour $p < .001$ ** pour $.001 \leq p < .01$ * pour $.01 \leq p < .05$

Analyses inter-groupes dans l'échantillon selon les diagnostics (DG, DL et TDC)

Comparaisons des moyennes DG/noDG

Analyses fréquentistes :

Pour les subtests utilisés pour le calcul de l'ICV, les DG présentaient des notes standard supérieures à celles des noDG (SIM_{DG} , $M=11,3$; SIM_{noDG} , $M=9,3$); $t(150)=4.42$, $p < .01$ et VOC_{DG} , $M=10,8$; VOC_{noDG} , $M=9,2$; $t(150)=3.36$, $p < .01$).

Pour les subtests utilisés pour le calcul de l'IVS, les DG présentaient des notes standard inférieures à celles des noDG (CUB_{DG} , $M=8,5$; CUB_{noDG} , $M=9,3$; $t(150)=-2.02$, $p < .01$, et PUZ_{DG} , $M=9,1$; PUZ_{noDG} , $M=9,8$; $t(150)=-1.67$, $p < .1$).

Concernant les autres subtests, aucune différence significative n'a été mise en évidence.

Analyses bayésiennes :

Les analyses fréquentistes significatives sur les subtests SIM, VOC, CUB et PUZ ont été complétées par des analyses bayésiennes afin de qualifier la force de la preuve en faveur d'une hypothèse comparativement à une autre. Pour le subtest SIM, la comparaison entre DG/noDG apporte une preuve décisive ($BF_{SIM}=670 > 100$) en faveur d'une différence entre les deux sous-groupes. En d'autres termes, il est 670 fois plus probable qu'il y ait une différence de notes standard au subtest SIM entre DG et noDG qu'il n'y en ait pas. Pour le subtest VOC, la preuve est forte ($BF_{VOC}=27 > 10$). Concernant les subtests de l'IVS entre les deux sous-groupes (DG/noDG), elle est négligeable en termes de rapport des modèles ($BF_{CUB}=1 < 3$, $BF_{PUZ}=1 < 3$).

Afin de vérifier si ces différences (avantage relatif au traitement verbal et atteinte dans les traitements visuo-spatiaux) étaient spécifiques aux enfants avec DG, les mêmes comparaisons de moyennes ont été effectuées pour comparer les sous-groupes DL/noDL et TDC/noTDC.

Comparaison des moyennes DL/noDL

Analyses fréquentistes :

Pour le subtest VOC, les DL présentaient des notes standard inférieures à celles des noDL (VOC_{DL} , $M=9,7$; VOC_{noDL} , $M=10,8$) ; $t(150)=-2,2$, $p<.01$). Les notes standard aux subtests utilisés pour le calcul de l'IVS des DL étaient supérieures à celles des noDL: (CUB_{DL} , $M=9,3$; CUB_{noDL} , $M=8,0$; $t(150)=2,9$, $p<.01$; PUZ_{DL} , $M=9,9$; PUZ_{noDL} , $M=8,6$; $t(150)=3,3$, $p<.01$). Aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant le subtest SIM.

Analyses bayésiennes :

Pour le subtest CUB, la comparaison entre DL/noDL apporte une preuve substantielle ($BF_{CUB}=8,5>3$) en faveur d'une différence entre les deux sous-groupes. En d'autres termes, il est 8,5 fois plus probable qu'il y ait une différence de notes standard au subtest CUB entre DL et noDL plutôt qu'il n'y en ait pas. Le facteur de Bayes pour la comparaison des notes standard au subtest PUZ entre DL/noDL apporte une preuve forte ($BF_{PUZ}=15,3>10$) en faveur d'une différence entre les deux sous-groupes. Concernant le subtest VOC, la preuve est négligeable ($BF_{VOC}=1,9<3$).

Par conséquent, les effets observés sur les subtests VOC, CUB et PUZ ne sont pas spécifiques à la DG ou à la DL.

Comparaison des moyennes TDC/noTDC

Analyses fréquentistes:

Pour les subtests utilisés pour le calcul de l'IVS, les TDC présentaient des notes standard inférieures à celles des noTDC (CUB_{TDC} ($M=8,1$) et CUB_{noTDC} ($M=9,5$) ; $t(150)=-3,3$, $p<.01$; PUZ_{TDC} ($M=8,7$) et PUZ_{noTDC} ($M=10,1$) ; $t(150)=-3,4$, $p<.01$). Aucune autre comparaison (SIM et VOC) n'est significative.

Analyses bayésiennes :

Pour le subtest CUB, la preuve en faveur d'une différence entre TDC et noTDC est forte ($BF_{CUB}=24>10$). En d'autres termes, il est 24 fois plus probable qu'il y ait une différence de notes standard au subtests CUB entre TDC et noTDC plutôt qu'il n'y en ait pas. Pour le subtest PUZ, la preuve en faveur d'une différence entre les deux sous-groupes est très forte ($BF_{PUZ}=30,1>30$).

Par conséquent, les effets observés sur les subtests CUB et PUZ ne sont pas spécifiques à la DG ou au TDC.

ANOVA à trois facteurs (DG, DL, TDC)

Les analyses précédentes montrent que seuls les résultats supérieurs au subtest SIM sont spécifiques à DG. Aussi, une ANOVA à trois facteurs a été menée sur les notes standard du subtest SIM pour rendre compte des interactions entre DG, DL et TDC.

Cette analyse de variance montre que seul l'effet principal de DG est statistiquement significatif ($F(1,144) = 16.7$; $p < 10^{-4}$; $\eta^2 = 0.1$), et ceci au niveau alpha ajusté de Bonferroni de 0.017. Aucun autre effet principal ni interaction ne se révèle significatif.

Afin d'identifier quels sont les sous-groupes dont les notes standard diffèrent significativement, nous avons conduit des tests post-hoc précisant les effets et interactions DG*TDC*DL (Figure 10). Seules les différences significatives entre sous-groupes ont été reportées (flèches rouges) sur la Figure 10.

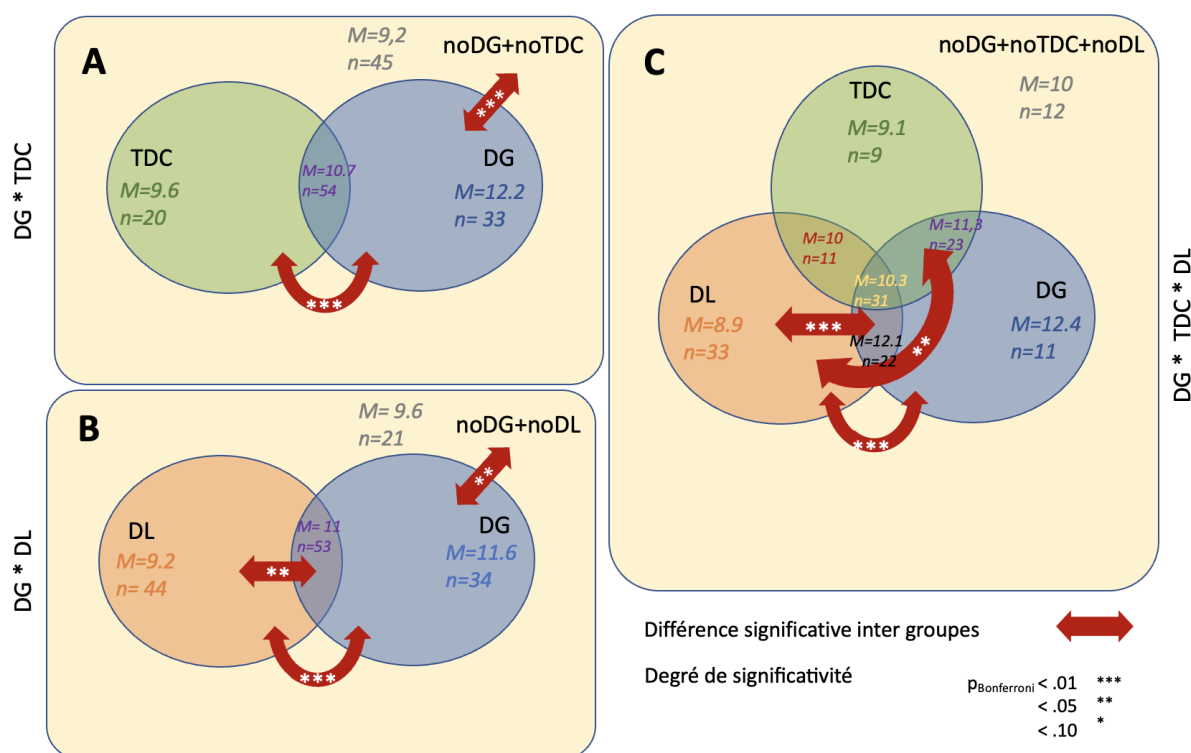


Figure 10: Analyses post-hoc de l'ANOVA à trois facteurs (DG, DL, TDC) sur le subtest SIM
 A: interaction simple DG*TDC ; B: interaction simple DG*DL ; C: interaction double DG*TDC*DL
 M=moyenne au subtest SIM ; n= effectif du sous-groupe

L'effet principal de DG s'accompagne d'effets spécifiques lorsque DL est combinée avec TDC. Concernant les effets d'interaction simple, les enfants DG+noDL ou DG+noTDC obtiennent des résultats significativement plus élevés au subtest SIM que les enfants noDG+noDL ou noDG+noTDC. Ces enfants (DG+noDL ou DG+noTDC) sont également meilleurs que les enfants noDG+DL ou noDG+TDC. De plus, les enfants DG+DL obtiennent de meilleurs résultats que les enfants noDG+DL. Ce dernier résultat est également visible dans l'étude des interactions doubles. Enfin, les DG+TDC+noDL obtiennent de meilleurs résultats que les noDG+noTDC+DL. Dans l'ensemble donc, les sous-groupes contenant des enfants DG ont systématiquement de meilleurs résultats que les sous-groupes contenant des enfants noDG, quelle que soit la combinaison des autres troubles.

DISCUSSION

Notre étude portait sur le profil cognitif d'enfants présentant une dysgraphie développementale. Elle avait pour objectif de comprendre si la dysgraphie se caractérise par une hétérogénéité

cognitive spécifique, et par un profil cognitif la distinguant de la population de référence et des troubles qui lui sont le plus fréquemment associés, la dyslexie et le TDC. Pour cela, nous avons fait le choix de définir la dysgraphie à partir de ses aspects fonctionnels (Albaret et al., 2013).

Nous attendions une hétérogénéité cognitive plus importante chez ces enfants que dans la population générale (D'Angiulli & Siegel, 2003, Giofrè & Cornoldi, 2015, Toffalini et al., 2017, Giofrè et al., 2017, Saklofske et al., 2012) ainsi qu'un profil cognitif spécifique. Les résultats ont confirmé ces deux prédictions. D'abord les enfants dysgraphiques avaient des résultats hétérogènes aux subtests, et présentaient des déficits dans certains domaines, en particulier visuospatial, en même temps qu'un avantage dans le domaine verbal. Ce profil n'a pas été retrouvé chez les enfants non dysgraphiques de la cohorte, ni lorsque les enfants étaient catégorisés en fonction de la présence d'une dyslexie ou d'un TDC. Au contraire la dyslexie s'accompagnait de déficits au niveau verbal sans différence au niveau visuospatial et le TDC s'accompagnait de déficits plus marqués dans le domaine visuospatial sans avantage au niveau verbal.

La mise en évidence de performances en compréhension verbale supérieures chez les enfants dysgraphiques relativement à tous les autres groupes (noDG, REF) constitue donc le résultat principal de notre étude et signe l'existence d'un profil particulier chez ces enfants. Cet avantage verbal est à mettre en relation avec l'hétérogénéité cognitive observée. En effet, une proportion hors norme d'enfants dysgraphiques présente un écart de plus de 23 points entre ICV et IVT. Aussi, bien que Labouret et Grégoire (2018) évoquent l'existence d'une hétérogénéité physiologique, il apparaît ici que l'hétérogénéité inter-indice puisse être le reflet d'une dissociation entre différentes compétences. En effet, l'avantage en compréhension verbale des enfants dysgraphiques peut expliquer la disproportion d'hétérogénéité entre ICV et IVT. Cette interprétation est renforcée par les analyses inter-subtests pour lesquelles toutes les différences faisant intervenir SIM et VOC montrent une hétérogénéité hors normes.

Cet avantage verbal se concentre sur le subtest SIM, qui est le seul à caractériser uniquement la dysgraphie. L'ANOVA à trois facteurs sur le subtest SIM montre un effet principal de la dysgraphie à l'exclusion de tout autre effet principal, d'interaction simple et double avec la dyslexie et le TDC. Les tests post-hoc indiquent également que les scores moyens au subtest SIM sont systématiquement supérieurs chez les enfants dysgraphiques comparativement aux enfants non-dysgraphiques. Fait plus étonnant encore, les enfants présentant une dyslexie ou un TDC associé avec une dysgraphie présentent un avantage verbal en comparaison des enfants non dysgraphiques avec une dyslexie ou un TDC. Cette différence majeure entre TDC et dysgraphie indique que la dysgraphie ne peut pas être simplement considérée comme une forme particulière de TDC. Notre étude plaide donc en faveur de la proposition de Soppelsa et Albaret (2014) d'une dénomination spécifique du trouble de l'acquisition de la graphomotricité, nécessitant une approche de remédiation spécifique. Dès lors, quelle peut être la signification de l'avantage verbal centré sur SIM des enfants dysgraphiques ?

Une première explication serait que l'avantage soit la conséquence d'un biais de recrutement, les enfants adressés à la structure de soins pouvant représenter un sous-groupe ayant des caractéristiques favorisant une supériorité du raisonnement verbal. Le recours à une structure spécialisée de deuxième intention pourrait être en lien avec un niveau socio-économique familial plus aisé favorisant la performance à certains subtests du WISC (Takeuchi et al., 2021). Or, outre la gratuité de soins dispensés par la structure disqualifiant cette interprétation, il n'y aurait pas de raison valable pour que cet avantage en raisonnement verbal ne concerne que les dysgraphiques à l'exclusion de toute autre forme de TND.

Une fois écartée l'hypothèse d'un biais de recrutement, trois hypothèses explicatives peuvent être formulées.

La première explication possible serait qu'une faiblesse dans les traitements non verbaux chez les dysgraphiques soit à l'origine d'un surinvestissement dans la sphère verbale, leur octroyant un avantage cognitif par effet de compensation. Pour nous, cette hypothèse ne semble pas valide bien qu'elle ne puisse être formellement réfutée notamment en raison de prises en charges antérieures. En effet, dans l'hypothèse d'une compensation verbale d'un trouble moteur, le TDC devrait provoquer des effets de compensation d'autant plus importants car il impacte l'enfant plus tôt dans sa vie, mais aussi de manière plus globale que la dysgraphie. Pourtant, nos résultats ont montré que le TDC n'est pas associé à de meilleures performances verbales.

Une seconde explication possible serait que les faibles performances en traitements non verbaux s'expliqueraient par une négligence de ceux-ci en raison d'un avantage verbal sur lequel les dysgraphiques se reposeraient (Cavalli et al., 2016). Là encore, cette hypothèse semble peu plausible. En effet, tous les enfants reçoivent des enseignements similaires et un nombre d'heures d'entraînement à l'écriture comparable dans le cadre scolaire. De plus, les exigences scolaires restent identiques pour tous les enfants. Ainsi la résistance à l'apprentissage de l'écriture, selon nous, ne peut être imputée à un simple désinvestissement (Estienne et al., 2023, Jolly & Gentaz, 2013). En outre, il s'agit ici d'enfants ayant déjà été suivis en rééducation donc pour lesquels il y a eu au contraire un renforcement de l'apprentissage.

Enfin, une dernière explication possible serait un mécanisme commun à l'origine à la fois d'un déficit de tout ou partie des processus menant au contrôle moteur du geste d'écriture et d'un avantage de tout ou partie des processus linguistiques en lien avec les traitements sémantiques et conceptuels. Des travaux récents, basés sur la théorie d'une altération de la connectivité structurale et fonctionnelle cérébrale dans le cadre des maladies neurologiques et psychiatriques (van den Heuvel & Sporns, 2019), montrent que les TND seraient associés à un déséquilibre des systèmes neuraux impliqués dans les fonctions cognitives (Sokolowski & Levine, 2022). Des réorganisations adaptatives des réseaux pourraient être à l'origine d'avantages paradoxaux qui sont observés dans certains troubles (Toffalini et al., 2017). Dans le contexte de l'écriture, plusieurs études récentes mettent en évidence l'implication de réseaux distribués incluant à la fois des régions sensorimotrices, linguistiques et exécutives dans la performance graphomotrice (Palmis et al., 2019 ; Palmis et al., 2021). Des travaux montrent par exemple que la connectivité de l'aire motrice graphémique frontale avec des régions distantes est modifiée en cas de troubles de l'écriture (Gosse et al., 2022). Il est donc possible qu'une désorganisation du réseau sous-tendant le contrôle graphomoteur lui-même ou de sa dynamique temporelle (Bouaffre & Faïta-Ainseba, 2007) s'accompagne d'une adaptation cérébrale développementale à même de provoquer des modifications fonctionnelles en compréhension verbale. Dans la lignée des travaux de Palmis et al. (2019) mettant en évidence des liens au niveau cérébral entre complexité orthographique et mouvement d'écriture, il pourrait être pertinent d'explorer les liens entre accès sémantique et geste d'écriture.

Cette étude s'inscrit dans le contexte particulier d'un échantillon d'enfants multi-dys ayant déjà bénéficié de prises en charge. Les effets d'une remédiation antérieure ne sont donc pas à négliger. De plus, on retiendra que la sélection des dossiers s'est faite, entre autres, sur la présence d'un bilan psychomoteur ce qui représente un biais d'échantillonnage à prendre en considération. Le niveau socioculturel et économique n'a pas été considéré dans cette étude, bien que ces facteurs aient été identifiés comme ayant une incidence sur les TSA (Fluss et al., 2009, Poissant & Rapin, 2012, Poncelet et al., 2020). De plus, d'autres facteurs aussi bien cliniques que environnementaux (Hollander & Adi-Japha, 2021) devront également être explorés pour valider ou réfuter les hypothèses formulées ici, afin de progresser dans la compréhension de la dysgraphie. Enfin, il

sera nécessaire de confirmer l'avantage verbal des enfants dysgraphiques sur une cohorte de taille plus importante, qui pourrait en outre permettre l'identification de sous-populations éventuelles. (Casteran et al., 2021).

En conclusion, notre étude, bien que préliminaire, fournit d'intéressantes pistes de compréhension des mécanismes cognitifs sous-jacents à la dysgraphie et plus généralement à l'ensemble des TND qui lui sont associés. Mais au-delà de ces considérations théoriques, elle suggère également l'intérêt possible d'une vision plus dimensionnelle que catégorielle des enfants porteurs de TSLA, et d'une prise en compte globale d'un profil cognitif plus que d'un déficit dans un ou plusieurs domaines.

REFERENCES

- Alamargot, D., Lambert, E., & Chanquoy, L. (2005). La production écrite et ses relations avec la mémoire. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 81.
- Alamargot, D., Morin, M.-F., & Simard-Dupuis, E. (2020). Handwriting Delay in Dyslexia: Children at the End of Primary School Still Make Numerous Short Pauses When Producing Letters. *Journal of Learning Disabilities*, 53(3), 163-175.
- Albaret, J.-M., Kaiser, M.-L., Soppelsa, R., & Kaiser, M.-L. (2013). *Troubles de l'écriture chez l'enfant. Des modèles à l'intervention*. De Boeck Supérieur; Cairn.info.
- Audras-Torrent, L., Miniarikova, E., Couty, F., Dellapiazza, F., Berard, M., Michelon, C., Picot, M.-C., & Baghdadli, A. (2021). WISC-V Profiles and Their Correlates in Children with Autism Spectrum Disorder without Intellectual Developmental Disorder: Report from the ELENA Cohort. *Autism Research*, 14(5), 997-1006.
- Barray, V. (2012). Écriture manuelle et dyspraxie/ trouble de l'acquisition de la coordination, partie 2: Intérêt à long terme. *Développements*, 12(3), 6-17.
- Becker, A., Daseking, M., & Kerner auch Koerner, J. (2021). Cognitive Profiles in the WISC-V of Children with ADHD and Specific Learning Disorders. *Sustainability*, 13(17), Article 17.
- Berninger, V., Abbott, R., Cook, C. R., & Nagy, W. (2017). Relationships of Attention and Executive Functions to Oral Language, Reading, and Writing Skills and Systems in Middle Childhood and Early Adolescence. *Journal of Learning Disabilities*, 50(4), 434-449.
- Biotteau, M., Danna, J., Baudou, É., Puyjarinet, F., Velay, J.-L., Albaret, J.-M., & Chaix, Y. (2019). Developmental coordination disorder and dysgraphia: Signs and symptoms, diagnosis, and rehabilitation. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 15, 1873-1885.
- Bouaffre, S., & Faïta-Ainseba, F. (2007). Hemispheric differences in the time-course of semantic priming processes: Evidence from event-related potentials (ERPs). *Brain and Cognition*, 63(2), 123-135.
- Bourdin, B., & Fayol, M. (2002). Even in adults, written production is still more costly than oral production. *International Journal of Psychology*, 37(4), 219-227.
- Capellini, S. A., Coppede, A. C., & Valle, T. R. (2010). Fine motor function of school-aged children with dyslexia, learning disability and learning difficulties. *Pro-Fono: Revista De Atualizacao Cientifica*, 22(3), 201-208.
- Capodiecì, A., Lachina, S., & Cornoldi, C. (2018). Handwriting difficulties in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Research in Developmental Disabilities*, 74, 41-49.
- Casteran, L., Deschamps, L., Boutet, J., Aloui, S., N'guyen-Morel, M.-A., Labyt, E., & Jolly, C. (2021). Identification de deux sous-types de dysgraphies à partir de l'analyse de paramètres cinématiques et statiques de l'écriture d'enfants typiques et porteurs d'une dysgraphie. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 172, 337.

- Cavalli, E., Casalis, S., Ahmadi, A. E., Zira, M., Poracchia-George, F., & Colé, P. (2016). Vocabulary skills are well developed in university students with dyslexia : Evidence from multiple case studies. *Research in Developmental Disabilities, 51-52*, 89-102.
- Charles, M., Régis, S., & Albaret, J.-M. (2003). *BHK – Echelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*, ECPA
- Chung, P. J., Patel, D. R., & Nizami, I. (2020). Disorder of written expression and dysgraphia : Definition, diagnosis, and management. *Translational Pediatrics, 9*(S1), S46-S54.
- Compton, D. L., Fuchs, L. S., Fuchs, D., Lambert, W., & Hamlett, C. (2012). The Cognitive and Academic Profiles of Reading and Mathematics Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 45*(1), 79-95.
- Danna, J., Velay, J.-L., & Albaret, J.-M. (2016). Dysgraphies. In *Traité de neurolinguistique : Du cerveau au langage*, De Boeck supérieur
- D'Angiulli, A., & Siegel, L. S. (2003). Cognitive Functioning as Measured by the WISC-R : Do Children with Learning Disabilities Have Distinctive Patterns of Performance? *Journal of Learning Disabilities, 36*(1), 48-58.
- Döhla, D., Willmes, K., & Heim, S. (2018). Cognitive Profiles of Developmental Dysgraphia. *Frontiers in Psychology, 9*.
- DuPaul, G. J., Gormley, M. J., & Laracy, S. D. (2013). Comorbidity of LD and ADHD : Implications of DSM-5 for Assessment and Treatment. *Journal of Learning Disabilities, 46*(1), 43-51.
- Estienne, F., De Barelli, T., Huchet, F., & De Barelli, F. (2023). *Dysorthographe et dysgraphie : Comprendre, évaluer, agir plus de 400 exercices* (4e éd. entièrement revue et enrichie). Elsevier Masson.
- Fluss, J., Bertrand, D., Ziegler, J., & Billard, C. (2009). Troubles d'apprentissage de la lecture : Rôle des facteurs cognitifs, comportementaux et socio-économiques. *Développements, 1*(1), 21-33.
- Fox, J. (2016). *Applied regression analysis and generalized linear models* (Third Edition). SAGE.
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019). *An R companion to applied regression* (Third edition). SAGE.
- Geertsen, S. S., Thomas, R., Larsen, M. N., Dahn, I. M., Andersen, J. N., Krause-Jensen, M., Korup, V., Nielsen, C. M., Wienecke, J., Ritz, C., Krustrup, P., & Lundbye-Jensen, J. (2016). Motor Skills and Exercise Capacity Are Associated with Objective Measures of Cognitive Functions and Academic Performance in Preadolescent Children. *PLOS ONE, 11*(8), e0161960.
- Geuze, R. H. (2005). Postural Control in Children With Developmental Coordination Disorder. *Neural Plasticity, 12*(2-3), 183-196.
- Giofrè, D., & Cornoldi, C. (2015). The structure of intelligence in children with specific learning disabilities is different as compared to typically development children. *Intelligence, 52*, 36-43.
- Giofrè, D., Toffalini, E., Altoè, G., & Cornoldi, C. (2017). Intelligence measures as diagnostic tools for children with specific learning disabilities. *Intelligence, 61*, 140-145.
- Giofrè, D., Toffalini, E., Provazza, S., Calcagni, A., Altoè, G., & Roberts, D. J. (2019). Are children with developmental dyslexia all the same? A cluster analysis with more than 300 cases. *Dyslexia, 25*(3), 284-295.
- Gosse, C., Dricot, L., & Van Reybroeck, M. (2022). Evidence of graphomotor dysfunction in children with dyslexia : A combined behavioural and fMRI experiment. *Cortex, 148*, 68-88.
- Grégoire, J. (2021). *WISC-V examen clinique de l'intelligence de l'enfant;fondements et pratiques de l'échelle de wechsler*. PIERRE MARDAGA EDITEUR.
- Hamdioui, S., & Vaivre-Douret, L. (2020). Clinical Markers of Dysgraphia According to Intellectual Quotient in Children with Developmental Coordination Disorder. *Journal of Psychiatry and Psychiatric Disorders 4*, 366-382.
- HAS. (2017). *Guide parcours de santé : Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages ?*

- Hellinckx, T., Roeyers, H., & Van Waelvelde, H. (2013). Predictors of handwriting in children with Autism Spectrum Disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7(1), 176-186.
- Hollander, C., & Adi-Japha, E. (2021). Second Graders' Grapho-Motor Skill Learning and Verbal Learning : The Effects of Socio-Educational Factors. *Frontiers in Psychology*, 12.
- Huau, A., Velay, J.-L., & Jover, M. (2015). Graphomotor skills in children with developmental coordination disorder (DCD) : Handwriting and learning a new letter. *Human Movement Science*, 42, 318-332.
- Institut national de la santé et de la recherche médicale, & Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (Éds.). (2019). *Trouble développemental de la coordination ou dyspraxie*. EDP sciences.
- Jeffreys, H. (1961). *Theory of probability*. (3d ed.). Clarendon Press.
- Jolly, C., & Gentaz, E. (2013). Évaluation des effets d'entraînements avec tablette tactile destinés à favoriser l'écriture de lettres cursives chez des enfants de Cours Préparatoire. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 20(1), 495-512.
- Jover, M. (2012). Trouble de l'acquisition de la coordination et troubles de l'écriture : Peut-on parler de comorbidité ? *Développements*, 12(3), 18-24.
- Kandel, S., & Perret, C. (2015). How does the interaction between spelling and motor processes build up during writing acquisition? *Cognition*, 136, 325-336.
- Kaplan, B. J., N. Wilson, B., Dewey, D., & Crawford, S. G. (1998). DCD may not be a discrete disorder. *Human Movement Science*, 17(4), 471-490.
- Labouret, G., & Grégoire, J. (2018). La dispersion intra-individuelle et le profil des scores dans les QI élevés. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 30, 271-279.
- Lopez, C., Hemimou, C., Golse, B., & Vaivre-Douret, L. (2018). Developmental dysgraphia is often associated with minor neurological dysfunction in children with developmental coordination disorder (DCD). *Neurophysiologie Clinique*, 48(4), 207-217.
- Lopez, C., & Vaivre-Douret, L. (2021a). Influence of visual control on the quality of graphic gesture in children with handwriting disorders. *Scientific Reports*, 11(1), Article 1.
- Lopez, C., & Vaivre-Douret, L. (2021b). Les grandes fonctions cérébrales en jeu dans le développement graphomoteur typique et pathologique de l'écriture manuscrite. *Revue de neuropsychologie*, 13(4), 255-277.
- Magalhães, L. C., Cardoso, A. A., & Missiuna, C. (2011). Activities and participation in children with developmental coordination disorder : A systematic review. *Research in Developmental Disabilities*, 32(4), 1309-1316.
- Maziero, S., Tallet, J., Bellocchi, S., Jover, M., Chaix, Y., & Jucla, M. (2020). Influence of comorbidity on working memory profile in dyslexia and developmental coordination disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 42(7), 660-674.
- Moll, K., Göbel, S. M., Gooch, D., Landerl, K., & Snowling, M. J. (2016). Cognitive Risk Factors for Specific Learning Disorder : Processing Speed, Temporal Processing, and Working Memory. *Journal of Learning Disabilities*, 49(3), 272-281.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2011). Dyslexia, dysgraphia, procedural learning and the cerebellum. *Cortex*, 47(1), 117-127.
- Nottbusch, G., Weingarten, R., & Sahel, S. (2007). From written word to written sentence production. *Writing and Cognition: Research and Applications*.
- Okada, S., Iiri, C., Azumi, Y., & Ohtani, K. (2021). Cognitive Profiles of Children With Autism Spectrum Disorder on the Japanese Version of WISC-IV: *The Japanese Journal of Educational Psychology*, 69(3), 254-267.
- Palmis, S., Velay, J.-L., Fabiani, E., Nazarian, B., Anton, J.-L., Habib, M., Kandel, S., & Longcamp, M. (2019). The impact of spelling regularity on handwriting production : A coupled fMRI and kinematics study. *Cortex*, 113, 111-127.
- Palmis, S., Velay, J.-L., Habib, M., Anton, J.-L., Nazarian, B., Sein, J., & Longcamp, M. (2021). The handwriting brain in middle childhood. *Developmental Science*, 24(2), e13046.

- Piek, J. P., Pitcher, T. M., & Hay, D. A. (1999). Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 41(3), 159-165.
- Poissant, H., & Rapin, L. (2012). Facteurs de risque dans le trouble déficitaire de l'attention et de l'hyperactivité : Étude familiale. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 21(4), 253-260.
- Poncelet, D., de Chambrier, A.-F., Tinnes-Vigne, M., Baye, A., Tazouti, Y., & Dierendonck, C. (2020). Pratiques éducatives parentales et premières compétences en numération des enfants d'âge préscolaire selon le niveau socio-économique et culturel des familles. *La revue internationale de l'éducation familiale*, 47(1), 119-149.
- Prunty, M., & Barnett, A. L. (2020). Accuracy and Consistency of Letter Formation in Children With Developmental Coordination Disorder. *Journal of Learning Disabilities*, 53(2), 120-130.
- Saklofske, D. H., Austin, E. J., Mastoras, S. M., Beaton, L., & Osborne, S. E. (2012). Relationships of personality, affect, emotional intelligence and coping with student stress and academic success : Different patterns of association for stress and success. *Learning and Individual Differences*, 22(2), 251-257.
- Smits-Engelsman, B. C. M., Wilson, P. H., Westenberg, Y., & Duysens, J. (2003). Fine motor deficiencies in children with developmental coordination disorder and learning disabilities : An underlying open-loop control deficit. *Human Movement Science*, 22(4), 495-513.
- Sokolowski, H. M., & Levine, B. (2022). Common neural substrates of diverse neurodevelopmental disorders. *Brain*, 146(2), 438-447.
- Soppelsa, R., & Albaret, J.-M. (2013). *BHK Ado*, ECPA
- Soppelsa, R., & Albaret, J.-M. (2014). Caractéristiques de la dysgraphie ou du trouble de l'apprentissage de la graphomotricité (TAG) au collège. *Approche Neuropsychologique Des Apprentissages Chez l'Enfant*, 128.
- Sumner, E., Pratt, M. L., & Hill, E. L. (2016). Examining the cognitive profile of children with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 56, 10-17.
- Takeuchi, H., Taki, Y., Asano, K., Asano, M., Sassa, Y., Yokota, S., Kotozaki, Y., Nouchi, R., & Kawashima, R. (2021). Childhood socioeconomic status is associated with psychometric intelligence and microstructural brain development. *Communications Biology*, 4(1), Article 1.
- Toffalini, E., Giofrè, D., & Cornoldi, C. (2017). Strengths and Weaknesses in the Intellectual Profile of Different Subtypes of Specific Learning Disorder : A Study on 1,049 Diagnosed Children. *Clinical Psychological Science*, 5(2), 402-409.
- Tucha, O., & Lange, K. W. (2004). Handwriting and attention in children and adults with attention deficit hyperactivity disorder. *Motor Control*, 8(4), 461-471.
- Van den Heuvel, M. P., & Sporns, O. (2019). A cross-disorder connectome landscape of brain dysconnectivity. *Nature reviews. Neuroscience*, 20(7), 435-446.
- Wechsler. (2016). *WTSC-V - Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents—5ème édition*, ECPA par Pearson.