



HAL
open science

Fonctions exécutives et apprentissages scolaires chez l'enfant né prématuré : un regard aux interfaces

Olivier Cadeau

► **To cite this version:**

Olivier Cadeau. Fonctions exécutives et apprentissages scolaires chez l'enfant né prématuré : un regard aux interfaces. Psychologie. Université d'Angers, 2024. Français. NNT : 2024ANGE0006 . tel-04649841

HAL Id: tel-04649841

<https://theses.hal.science/tel-04649841>

Submitted on 16 Jul 2024

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.

THESE DE DOCTORAT

DE
L'UNIVERSITÉ D'ANGERS

SOUS LE SCEAU DE
LA COMUE ANGERS – LE MANS

ECOLE DOCTORALE N° 603
Education, Cognition, Langages, Interactions, Santé
Spécialité : Psychologie

Par

Olivier CADEAU

Fonctions exécutives et apprentissages scolaires chez l'enfant né prématuré : un regard aux interfaces

Thèse présentée et soutenue à Angers, le mercredi 24 janvier 2024
Unité de recherche : Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (EA 4638)

Rapporteurs avant soutenance :

Sandrine ROSSI Professeur des Universités – Université de Caen Normandie
Petra HÜPPI Professeur des Universités et Praticien Hospitalier – Centre Médical Universitaire de Genève

Composition du Jury :

Président : Sandrine ROSSI Professeur des Universités – Université de Caen Normandie

Examineurs : Petra HÜPPI Professeur des Universités et Praticien Hospitalier – CMU de Genève
Bérengère GUILLERY-GIRARD Directeur d'Étude EPHE – Université de Caen – EPHE
Élodie ZANA-TAÏEB Professeure associée – APHP Centre – Hôpital COCHIN
Jean-Christophe ROZÉ Professeur des Universités et Praticien Hospitalier – CHU de Nantes

Dir. de thèse : Arnaud ROY Professeur des Universités – Université d'Angers
Co-dir. de thèse : Jean-Baptiste MULLER Praticien Hospitalier – CHU de Rouen

REMERCIEMENTS

Qui aurait pu croire et prédire qu'après deux CAP, un BEP, un bac pro en pâtisserie-chocolaterie, de l'expertise en bâtiment, 10 ans d'enseignement en auto-école parsemés de quelques années d'études en psychologie, un concours de la fonction publique et un DU plus tard, je rédigerai une thèse de doctorat. Sans doute personne.

Un seul dénominateur commun m'a toujours guidé et peut expliquer cette ascension : la curiosité. Le fameux « comment ? ». Comment peut-on mettre un intérieur liquide dans un bonbon en chocolat ? Comment fait-on une fleur en sucre ? Comment étaient fabriquées ces dalles de sol ? Comment apprend-on à conduire ? Comment apprend-on ? Ces questions (et tellement d'autres) sont à la source de ce parcours de plusieurs années à travers les systèmes scolaire, professionnel et universitaire. Et comme tout voyage, celui-ci est parsemé de rencontres, d'aides, de doutes, d'incertitudes, de loupés et de belles opportunités. Et au moment de terminer cette ascension, de se retourner sur le chemin parcouru et de chercher le point de départ du regard, il se dégage un peu de fierté mais surtout du plaisir.

Pourquoi voulez-vous faire une thèse ? Pour m'amuser, pour le fun !

Ce fut sa première question ... et ma première réponse.

Le plaisir. Le plaisir d'apprendre et de pouvoir rencontrer de belles personnes. Mes premiers remerciements vont aux enfants et à leurs parents qui ont accepté de participer à cette étude. Aucun n'était obligé, ils n'avaient pas forcément de demande ou de besoin, mais ils ont accepté, pour remercier, « pour rendre la pareille », pour aider les prochaines familles d'enfants nés trop tôt, pour la science. Par altruisme et humanité finalement. Merci.

Je tiens également à remercier très sincèrement les membres du jury : Pr. Sandrine Rossi, Pr. Petra Hüppi. C'est un véritable honneur que chacune de vous ait accepté d'expertiser mon travail. Merci au Pr. Élodie Zana-Taïeb et au DE. Bérengère Guillery, d'avoir en plus, accepté d'être membres de mon CSI. Je vous remercie pour vos conseils et vos retours chaque année sur l'avancée de mon travail. Je remercie enfin le Pr. Jean-Christophe Rozé de ses encouragements et de son engouement pour cette recherche.

J'ai le plaisir de ressentir de la fierté en évoquant mes encadrants de thèse, aussi je tiens à remercier le Dr Jean-Baptiste Muller et le Pr. Arnaud Roy pour leur accompagnement, disponibilité et aide durant ces années. Merci beaucoup pour votre soutien et vos guidages. Une des choses les plus formidables que je puisse vivre est d'apprendre et vous m'avez offert d'innombrables situations d'apprentissage. Je vous remercie de m'avoir fait grandir, d'avoir partagé vos expériences, vos questionnements et remarques et de m'avoir emmené à vos côtés sur le chemin de la recherche. Je vous remercie de votre humanité et de votre bienveillance tout au long de ces années. Je vous remercie tous les deux de vos qualités humaines et de m'avoir toujours poussé à aller plus loin. Je vous remercie de la qualité de nos échanges, de leur sincérité et facilité. Cette thèse n'aurait jamais été possible sans vous et je vous en suis extrêmement reconnaissant.

Merci beaucoup JB de tout ce que tu m'as apporté. Je te remercie très sincèrement de ton enthousiasme pour ce projet et d'avoir accepté de m'accompagner durant ces années. Je te remercie de tes encouragements, de tes apports sur la prématurité, de la simplicité de nos échanges. Je te remercie de tes fameuses coupes de printemps dans mes écrits qui ont été si formatrices...et une chose restera... « *là où JB passe les mots trépassent* ».

Arnaud...par où commencer.....peut-être par te remercier de la confiance que tu m'as accordée alors qu'avouons-le, les conditions en entrée de thèse étaient, sur le papier, rock'n roll : 4 enfants et le cinquième à venir, je continuerai à travailler en parallèle parce que je n'avais pas de financement et... pas vraiment de sujet à te proposer...juste l'envie de me faire plaisir. Pas forcément engageant ! Mais tu m'as laissé te proposer une thématique, un sujet et le DU NETA nous a servi de « galop d'essai » et de tremplin. Depuis le début, tu me fais entrer en recherche par la grande porte et tu m'as offert d'innombrables situations riches et stimulantes. Je te remercie pour ta confiance, ta reconnaissance et ton soutien. Tu as été un formidable directeur de thèse et sans toi aucune de ces expériences n'auraient existées. Merci.

Ce travail de thèse n'aurait pas été possible sans de multiples implications sur le terrain.

Je tiens à remercier toute l'équipe médicale du CHU de Nantes qui travaille autour de la cohorte LACTACOL. Les Dr. Laure Simon, Anne Frondas, Cécile Boscher, les Pr. Cyril Flamand et Jean-Christophe Rozé. Je vous remercie de votre confiance et m'avoir permis de participer à cette belle recherche. Je vous suis reconnaissant de m'avoir accueilli si gentiment et d'avoir montré autant d'enthousiasme au cours de l'étude.

Je remercie également tout l'équipe du Centre d'Investigation Clinique du CHU. Je remercie Anne Chauviré, Maud Gillet et Alix Laurent pour leur engagement dans le recrutement des enfants et dans l'organisation des journées d'inclusion. Je remercie Valérie Rouger pour son aide et sa réactivité dans la récupération des données du réseau *Grandir Ensemble*.

Un immense merci pour l'ensemble de l'équipe du CRTA de Nantes. En plus de m'avoir formé durant le DU, vous m'avez accueilli et aidé durant tous les temps d'inclusion. Je salue et remercie Emmanuelle Alix, Stéphanie Bellouard-Masson et Charlotte Beauperin et Sonia Bretel de leur gentillesse, de nos échanges lorsque l'on se croisait. Je remercie très chaleureusement Marie-Charlotte Dubrey et Julie Proteau pour leur aide dans l'apprentissage et la cotation de la Figure de Rey. Je remercie également très chaleureusement Vincent Lodenos. Merci de ta bonne humeur communicative, de ton regard si précis sur les situations, de nos échanges. Plein de Merci à Valérie Charbonnier pour m'avoir tant aidé durant les inclusions pour que je puisse être dans de bonnes conditions. Je te remercie de tes encouragements et du plaisir que j'ai eu à travailler avec toi sur le chapitre et sur la préparation (du spectacle plein de roulades et de paillettes) du congrès FÉE.

Je tiens également à remercier Lucie Hoareau et Salomé Ganuchau qui ont participé aux rencontres avec les enfants et au recueil de données. J'espère que cette expérience vous aura apporté autant que j'ai pris de plaisir à vous accompagner. Je vous remercie de votre aide.

Je souhaite remercier les Dr. Jérémie Riou, Jean-Luc Roulin, le Pr. Jean-Christophe Rozé ainsi qu'Alexandre Laurent pour leurs éclairages, validations et réflexions pour les statistiques. Je vous remercie de m'avoir initié et accompagné, chacun à votre manière, dans ce monde fabuleux des stats.

Je tiens également à remercier mes collègues doctorantes (devenues docteurs depuis) Julie Remaud, Amanda Guerra et Clémence Coiffard. Je vous remercie très sincèrement de votre aide et de votre soutien à différentes étapes dans ma vie de doctorant. Je suis heureux d'avoir fait votre rencontre et de pouvoir encore partager avec vous.

Je remercie également tous mes collègues de l'Éducation Nationale. Mes pensées vont à tous les enseignants et directeurs, avec qui j'échange quotidiennement, mes collègues du pôle ressource et des RASED voisins. Je remercie très chaleureusement Cécile Siméon pour m'avoir facilité l'organisation, soutenue et encouragée durant ces années. Émilie, Geneviève, je vous remercie de votre soutien au quotidien. Je tiens également à remercier Catherine Burgun pour son soutien inconditionnel. Tu m'as accueilli *bébé psy* en stage de M1 dans ce RASED et ce secteur, devenu depuis mon terrain de jeu. J'y ai découvert une belle pratique et une surtout une belle personne. Merci pour ta relecture attentive, tes corrections et tous nos échanges depuis ces années.

À ce moment de ma vie professionnelle, j'ai une pensée pour tous mes anciens collègues, tous ceux avec qui j'ai eu l'opportunité de travailler, d'échanger dans mes différentes vies professionnelles et ils sont bien trop nombreux pour être tous cités ! À vos côtés, j'ai appris l'exigence, la créativité, la rigueur et pris beaucoup fun...

Je remercie tous mes amis pour leur soutien inconditionnel. Un immense merci à Leslie, Arnaud, Goofy, Thomas, David, Élise, Fred... et tous les autres. Nous avons tant partagé à travers toutes ces années, depuis le lycée. Vous nous avez accompagné dans nos projets persos ou pros, dans nos moments de vie avec Clo. Merci de votre présence pour nous.

Enfin, je terminerai par remercier ma *petite famille*...en commençant par m'excuser de tout ce temps passé sans vous pour ce projet un peu fou. Éléa, Mahé, Loïs, Liam, Soline, je suis fier de vous, de la manière dont vous grandissez et de ce que vous faites chacun à votre âge. Je vous remercie de votre patience. Clo, quelques mots ne suffiront jamais à traduire l'immense reconnaissance et la somme de mes remerciements. Rien de cela n'aurait été possible sans toi et ton investissement sans faille. Merci de m'avoir supporté (dans tous les sens), de partager autant et d'être toi...

« *Plus vite, plus haut, plus fort – Ensemble* »

Devise Olympique

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION	1
– PARTIE THEORIQUE –	5
1. LA PREMATURITE.....	6
1.1. DEFINITION ET EPIDEMIOLOGIE.....	6
1.2. RISQUES NEUROLOGIQUES ET DEVELOPPEMENT CEREBRAL.....	8
1.3. LES CONSEQUENCES DE LA PREMATURITE SUR LES TND ET LE DEVELOPPEMENT PSYCHOLOGIQUE	10
1.3.1. <i>L'efficience intellectuelle</i>	10
1.3.2. <i>Motricité et praxies</i>	11
1.3.3. <i>Le langage</i>	13
1.3.4. <i>Troubles neurosensoriels</i>	15
1.3.5. <i>Le traitement visuospatial</i>	15
1.3.6. <i>TDAH, comportements et répercussions sur la qualité de vie</i>	16
1.4. LES SOINS PERINATAUX ET DE SOUTIEN AU DEVELOPPEMENT	18
1.5. FACTEURS DE RISQUE DE DIFFICULTES NEURODEVELOPPEMENTALES	21
1.5.1. <i>L'âge gestationnel et le poids de naissance</i>	21
1.5.2. <i>Le statut socio-culturel et/ou socio-économique</i>	23
1.6. SYNTHÈSE	24
2. LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES	25
2.1. ORGANISATION DU SYSTEME SCOLAIRE EN FRANCE.....	25
2.2. DEFINITIONS ET REPERES D'ACQUISITION	27
2.2.1. <i>Les prérequis relatifs aux apprentissages scolaires</i>	28
2.2.2. <i>Présentation et repères d'acquisition des savoirs scolaires</i>	30
2.3. ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES SCOLAIRES	35
2.3.1. <i>L'importance des tests basés sur la performance</i>	36
2.3.2. <i>Apports des indicateurs scolaires par les enseignants</i>	39
2.4. DES DIFFICULTES SCOLAIRES CARACTERISTIQUES DE LA PREMATURITE ?	40
2.4.1. <i>Des résultats contrastés en lecture</i>	41
2.4.2. <i>Des difficultés globales en orthographe</i>	44
2.4.3. <i>Un profil mieux identifié en mathématiques</i>	44
2.4.4. <i>Quels impacts des facteurs périnataux et socio-démographiques ?</i>	45
2.5. SYNTHÈSE	47

3.	LES FONCTIONS EXECUTIVES.....	49
3.1.	DEVELOPPEMENT ET MODELISATION THEORIQUE DES FONCTIONS EXECUTIVES.....	49
3.2.	PRESENTATION DES DIFFERENTES COMPOSANTES EXECUTIVES.....	53
3.2.1.	<i>La mémoire de travail.....</i>	53
3.2.2.	<i>L'inhibition.....</i>	54
3.2.3.	<i>La flexibilité.....</i>	55
3.2.4.	<i>La planification.....</i>	56
3.2.5.	<i>L'attention et la vitesse de traitement.....</i>	57
3.2.6.	<i>Les fonctions exécutives « chaudes » et le contrôle émotionnel.....</i>	58
3.3.	VULNERABILITE PRECOCE ET CLINIQUE DU SYNDROME DYSEXECUTIF.....	59
3.4.	ÉVALUATION DES FONCTIONS EXECUTIVES CHEZ L'ENFANT.....	62
3.4.1.	<i>Les tests basés sur la performance.....</i>	63
3.4.2.	<i>Les indicateurs de vie quotidienne.....</i>	68
3.5.	UN DEFICIT CENTRAL DES FE AU CŒUR DU PHENOTYPE NEUROCOGNITIF DES ENFANTS PREMATURES ?.....	75
3.5.1.	<i>Des perturbations précoces dès l'âge préscolaire.....</i>	75
3.5.2.	<i>Des difficultés qui persistent à l'âge scolaire et à l'adolescence.....</i>	77
3.5.3.	<i>Un retard développemental ou un déficit persistant ?.....</i>	84
3.6.	SYNTHESE.....	86
4.	ACQUISITIONS SCOLAIRES, FONCTIONNEMENT EXECUTIF ET PREMATURITE.....	88
4.1.	FE ET APPRENTISSAGES SCOLAIRES DANS LE DEVELOPPEMENT TYPIQUE.....	89
4.1.1.	<i>Fonctions exécutives et lecture.....</i>	90
4.1.2.	<i>Fonctions exécutives, écriture et orthographe.....</i>	92
4.1.3.	<i>Fonctions exécutives et mathématiques.....</i>	95
4.2.	FE ET APPRENTISSAGES SCOLAIRES DANS LA PREMATURITE : REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE.....	98
4.2.1.	<i>Critères et méthode.....</i>	98
4.2.2.	<i>Résultats de la revue de littérature.....</i>	99
4.3.	META-ANALYSE DES ASSOCIATIONS ENTRE LES FE ET LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES	117
4.3.1.	<i>Abstract.....</i>	118
4.3.2.	<i>Introduction.....</i>	119
4.3.3.	<i>Method.....</i>	122
4.3.4.	<i>Results.....</i>	126
4.3.5.	<i>Discussion.....</i>	135
4.3.6.	<i>References.....</i>	141
4.4.	SYNTHESE.....	149

5.	VERS UNE NOUVELLE PERSPECTIVE POUR ENVISAGER LES INTERFACES	151
5.1.	LE POIDS DES FACTEURS PHYSIOLOGIQUES	151
5.2.	DES QUESTIONNEMENTS METHODOLOGIQUES	153
5.2.1.	<i>La variabilité des mesures</i>	153
5.2.2.	<i>Une évaluation des FE qui manque d'étayage théorique</i>	153
5.2.3.	<i>La nécessaire prise en compte des indicateurs de vie quotidienne</i>	157
5.3.	LES INDICATEURS DE BESOINS EDUCATIFS SPECIALISES.....	159
5.4.	LA PREVALENCE DES DIFFICULTES	161
5.5.	SYNTHESE	163
	– PARTIE EXPERIMENTALE ET CLINIQUE –	164
6.	PROBLEMATIQUE, OBJECTIFS ET HYPOTHESES.....	165
6.1.	PROBLEMATIQUE	165
6.2.	OBJECTIFS DE LA THESE	170
6.3.	HYPOTHESES	171
7.	METHODE.....	174
7.1.	PARTICIPANTS.....	174
7.2.	MATERIEL	176
7.2.1.	<i>Évaluation de l'intelligence</i>	176
7.2.2.	<i>Un protocole de mesures scolaire intégratif</i>	176
7.2.3.	<i>Synthèse et définition des « troubles d'apprentissages »</i>	181
7.2.4.	<i>Une évaluation des FE exhaustive et théoriquement guidée</i>	183
7.2.5.	<i>Synthèse et définition des « Troubles des FE »</i>	193
7.3.	PROCEDURE	194
7.4.	ANALYSES STATISTIQUES.....	197
7.4.1.	<i>Les variables qualitatives</i>	197
7.4.2.	<i>Les variables continues</i>	198
8.	RESULTATS.....	200
8.1.	L'ECHANTILLON D'ENFANTS NES PREMATURES	200
8.2.	MESURE DE L'INTELLIGENCE	203
8.3.	LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES	205
8.3.1.	<i>Les mesures basées sur la performance scolaire – la BMT-i</i>	205
8.3.2.	<i>Les indicateurs de réussite scolaire – le LSU</i>	209
8.3.3.	<i>Les « troubles d'apprentissage »</i>	210
8.4.	LES FONCTIONS EXECUTIVES	214
8.4.1.	<i>Les mesures basées sur la performance – la batterie FÉE</i>	214
8.4.2.	<i>Les indicateurs de vie quotidienne – la BRIEF</i>	219
8.4.3.	<i>Les « troubles des FE »</i>	224
8.5.	IMPACT DES FE SUR LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES	227
8.6.	INFLUENCE DES FACTEURS PERINATAUX ET SOCIO-DEMOGRAPHIQUES	233
8.7.	ÉTUDE DES PROFILS	236

8.7.1. Les profils scolaires	239
8.7.2. Les profils exécutifs.....	240
9. DISCUSSION GENERALE	242
9.1. LA CONFIRMATION DE L'IMPACT DES FE SUR LES APPRENTISSAGES SCOLAIRES DANS LA PREMATURITE	243
9.2. LACTACOL, UNE COHORTE D'ETUDE PARTICULIERE POUR DES RESULTATS UNIQUES.	245
9.3. LA CONFIRMATION DES DIFFICULTES ET DES <i>TA</i> DANS LA PREMATURITE	248
9.4. UN DYSFONCTIONNEMENT EXECUTIF FREQUENT ET IMPORTANT CHEZ LES ENFANTS PREMATURES	253
9.5. L'IMPACT DES FACTEURS PERINATAUX ET SOCIODEMOGRAPHIQUES. DES RESULTATS CONTRASTES !.....	260
9.6. DES PROFILS INDIVIDUELS QUI AMENENT A LA NUANCE	263
9.7. VERS DES QUESTIONNEMENTS DE SANTE PUBLIQUE	266
9.8. LIMITES ET OUVERTURES.....	268
CONCLUSION.....	272
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	274
ANNEXES.....	338
VALORISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL DE THESE	400
ACTIVITES SCIENTIFIQUES CONNEXES A LA THESE.....	402
ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT AU COURS DU TRAVAIL DE THESE	403

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Résultats des méta-analyses sur les performances de QI dans la prématurité	11
Tableau 2: Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Décret n°2015-372 du 31 mars 2015, publié au BOEN n°17 du 23 avril 2015.	26
Tableau 3: Organisation des établissements scolaires et des cycles du système éducatif en France	27
Tableau 4: Compétences nécessaires aux apprentissages et prédictives de la réussite scolaire	30
Tableau 5: Exemple d'outils et pour l'évaluation des apprentissages scolaires en français destinés aux professionnels	37
Tableau 6: Résultats des méta-analyses sur les performances scolaires dans la prématurité	43
Tableau 7: Caractéristiques du syndrome dysexécutif chez l'enfant d'après (Roy et al., 2012 ; Roy, 2015a ; Roy et al., 2017)	62
Tableau 8: Exemples d'outils permettant d'approcher le fonctionnement exécutif chez l'enfant ...	65
Tableau 9: Résultats des méta-analyses sur des tests basés sur la performance dans différentes composantes des FE dans la prématurité	79
Tableau 10: Résultats des méta-analyses entre les fonctions exécutives et la lecture dans le développement typique	91
Tableau 11: Résultats des méta-analyses entre les fonctions exécutives et les mathématiques dans le développement typique	97
Tableau 12: Protocole d'extraction des données lors de la revue systématique préliminaire	100
Tableau 13: Études évaluant simultanément les fonctions exécutives et les apprentissages scolaires dans la prématurité (2000-2020)	101
Tableau 14: Méthodologie et apports cliniques des études évaluant conjointement les FE et les apprentissages scolaires dans la prématurité (2000-2020).....	109
Tableau 15: Données sur les méthodologies des études évaluant conjointement les FE et les apprentissages scolaires dans la prématurité.....	113
Tableau 16: Comparaison des fréquences de maintien scolaire entre la cohorte EPIPAGE, le groupe contrôle et le taux de maintien scolaire national en 2005	160

Tableau 17: Critères d'inclusion et d'exclusion de la cohorte LACTACOL et du protocole de thèse	175
Tableau 18: Étendue des mesures et scores aux épreuves Lecture de texte et Compréhension de texte de la BMT-i	178
Tableau 19: Indicateurs de performance et étendue des mesures à l'épreuve de Dictée de la BMT-i	178
Tableau 20: Protocole d'évaluation des apprentissages scolaires utilisé dans la thèse	182
Tableau 21: Description des huit épreuves de la batterie FÉE utilisées dans le cadre de la thèse (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021).....	187
Tableau 22: Description des échelles cliniques et des échelles de validité des formes parent et enseignant de la BRIEF (d'après Roy et al., 2013, p.16)	192
Tableau 23: Protocole d'évaluation des fonctions exécutives utilisé dans la thèse.....	194
Tableau 24: Caractéristiques périnatales, médicales et environnementales des enfants inclus et non inclus	201
Tableau 25: Résultats à la WISC-V des enfants nés prématurés inclus dans les analyses	203
Tableau 26: Distributions des notes aux indicateurs de performance des enfants nés prématurés et comparaison avec les normes de la BMT-i	208
Tableau 27: Corrélations de Spearman entre les domaines scolaires évaluées à partir de la BMT-i et du LSU	211
Tableau 28: Évaluation de la congruence entre les composantes similaires de la BMT-i et du LSU	213
Tableau 29: Moyenne et écart-type des enfants nés prématurés et de l'échantillon normatif et taille d'effet à la batterie FÉE.....	214
Tableau 30: Détails des performances aux épreuves de la FÉE selon les indicateurs de performance dans la cohorte d'étude.....	216
Tableau 31: Moyenne et écart-type des enfants nés prématurés, de l'échantillon normatif et taille d'effet à la BRIEF Parent. Distribution des difficultés repérées sur les indices et échelles cliniques.....	220
Tableau 32: Moyenne et écart-type des enfants nés prématurés, de l'échantillon normatif et taille d'effet à la BRIEF Enseignant. Distribution des difficultés repérées sur les indices et échelles cliniques.....	222
Tableau 33: Comparaisons des moyennes, corrélation de Spearman et Kappa de Cohen entre les versions Parent et Enseignant de la BRIEF	223
Tableau 34: Corrélations de Spearman entre les composantes similaires de la Batterie FÉE et la BRIEF	224
Tableau 35: Évaluation de la congruence entre les composantes similaires mesurées dans la batterie FÉE et les échelles cliniques de la BRIEF (parent et enseignant) dans l'échantillon d'enfants nés prématurés	225

Tableau 36: Corrélations de Spearman entre les fonctions exécutives (Batterie FÉE et BRIEF) et les résultats scolaires (BMT-i et LSU)	228
Tableau 37: Fréquences des difficultés congruentes entre les FE, les difficultés scolaires et les Troubles d'apprentissage pour les enfants nés prématurés	229
Tableau 38: Régressions logistiques univariées et multivariées avec les notes d'indices de vulnérabilité de la batterie FÉE, les scores T de la BRIEF et les Troubles des FE comme prédicteurs des Troubles d'apprentissage	230
Tableau 39: Régressions logistiques univariées et multivariées avec les notes d'indices de vulnérabilité de la batterie FÉE, les scores T de la BRIEF et les Troubles des FE comme prédicteurs des difficultés sur les indicateurs de performance à la BMT-i.....	231
Tableau 40: Régressions logistiques univariées et multivariées avec les notes d'indices de vulnérabilité de la batterie FÉE, les scores T de la BRIEF et les Troubles des FE comme prédicteurs des difficultés aux indicateurs de réussite scolaire évalués avec le LSU	232
Tableau 41: Comparaisons des prévalences entre les groupes selon les facteurs périnataux et sociodémographiques (valeurs de p).	235
Tableau 42: Performances individuelles des enfants nés prématurés aux mesures du protocole selon l'âge et la présence de Troubles des FE et d'apprentissage identifiés	237

TABLES DES FIGURES

Figure 1: Résumé des empanns temporels des processus neurodéveloppementaux dans le télencéphale au cours de l'ontogenèse humaine. Reproduction autorisée : de Graaf-Peters, V. B., & Hadders-Algra, M. (2006). Ontogeny of the human central nervous system : What is happening when? <i>Early Human Development</i> , 82(4), 257-266. Reproduction avec l'accord de Elsevier Masson SAS n° 5655350005863. Tout droit réservé.....	8
Figure 2: Modèle développemental des fonctions exécutives (Adapté de Diamond, 2013).....	51
Figure 3: Modèle de développement du lobe frontal incluant la mémoire de travail (Adapté de Dennis, 2006)	54
Figure 4: Principales contraintes inhérentes à l'évaluation des FE chez l'enfants (d'après Roy et al., 2021).....	63
Figure 5 : Diagramme d'inclusion des enfants évalués dans l'étude inclus dans les analyses	175
Figure 6: Vue d'ensemble des tests de la Batterie FÉE sélectionnés pour la thèse.....	184
Figure 7: Étapes et traitements des scores de la batterie FÉE en 4 étapes pour la création des indices de vulnérabilité (ex. pour l'inhibition).....	189
Figure 8: Distribution des notes des enfants nés prématurés pour le QIT (a), avec la mise en évidence des outliers (b).....	204
Figure 9: Distribution des notes des enfants nés prématurés à la BMT-i et les comparaisons avec les normes	206
<i>Figure 10: Fréquences des difficultés des enfants nés prématurés selon les disciplines scolaires évaluées avec le LSU</i>	<i>209</i>
Figure 11: Fréquences des difficultés des enfants nés prématurés en français et en mathématiques à partir du LSU	210
Figure 12: Fréquences des TA selon le domaine scolaire dans l'échantillon d'enfants nés prématurés (n =53)	212
Figure 13: Distribution des difficultés et troubles selon les composantes exécutives chez les enfants nés prématurés.....	227
Figure 14: Copie spontanée et copie avec programme de la Figure de Rey - patient LAC ₃₆	264

LISTE DES ABREVIATIONS

AG	Âge gestationnel
BMT-i	Batterie modulable de tests - informatisée
BRIEF	Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives
CDAPH	Commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées
CE1	Cours élémentaire première année
CE2	Cours élémentaire deuxième année
CEBQ	Questionnaire sur les comportements alimentaires de l'enfant
CHU	Centre hospitalier universitaire
CIC	Centre d'investigation clinique
CM1	Cours moyen première année
CM2	Cours moyen deuxième année
CP	Cours préparatoire
CRTA	Centre de référence des troubles d'apprentissage
EMC	Enseignement morale et civique
EPS	Éducation physique et sportive
EPV	Événements par variable
ET	Écart-type
FE	Fonctions exécutives
FÉE	Batterie d'évaluation des fonctions exécutives chez l'enfant
GREEN	Groupe de Réflexion et d'Évaluation de l'Environnement des Nouveau-nés
GSA	Global adaptation school
HIV	Hémorragie intraventriculaire
IC	Intervalle de confiance
ICV	Indice de compréhension verbale (WISC)
IEP	Individual educational program - Programme éducatif individuel
IRF	Indice de raisonnement fluide (WISC)
LMPV	Leucomalacies périventriculaires

LSU	Livret scolaire unique
MEN	Ministère de l'Éducation Nationale
MD	Mean difference - Différence moyenne
MT	Mémoire de travail
NIDCAP	Neonatal Individualized Developmental Care and Assessment Program
OMS	Organisation mondiale de la santé
OR	Odds ratio
PC	Paralysie cérébrale
PN	Poids de naissance
QCAJE	Questionnaire de comportement alimentaire du jeune enfant
QdV	Qualité de vie
QI	Quotient intellectuel
QIT	Quotient intellectuel total
RASED	Réseau d'aides spécialisées pour les élèves en difficultés
RCIU	Retard de croissance intra-utérin
SA	Semaine d'aménorrhée
SEN	Special educational needs - besoins d'éducation spécialisée
SES	Statut socio-culturel et/ou économique
SMD	Standard mean difference - Différence moyenne standardisée
TA	Trouble d'apprentissage
TDA/H	Trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité
TMT	Trail making test
TND	Trouble du neurodéveloppement
WISC	Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants

INTRODUCTION

Ce travail de thèse s'inscrit dans la continuité de ma découverte « récente » de l'université. Mon choix de poursuivre en doctorat s'est forgé avec l'envie d'apprendre, d'être stimulé intellectuellement, de découvrir de nouvelles expériences et l'envie de retrouver des situations d'enseignement. Une rencontre avec Arnaud Roy et l'équipe du Centre de Référence des Troubles d'Apprentissage (CRTA) lors d'une journée de formation académique a été déterminante dans la concrétisation de cette idée. La validation du Diplôme Universitaire Neuropsychologie de l'Enfant et Trouble d'Apprentissage a été la première étape de ce projet de thèse. Cette formation a permis à la fois d'affiner mon regard clinique et mes connaissances sur les troubles du neurodéveloppement (TND) ainsi que leur prise en compte à l'école et a servi de tremplin pour cette thèse. J'ai découvert la prématurité et ses conséquences au hasard des situations cliniques rencontrées à l'école. À l'âge scolaire, c'est un contexte clinique, généralement sans signe extérieur distinctif qui peut passer inaperçu et être ignoré des équipes éducatives. Ma rencontre avec les fonctions exécutives (FE) est plus ancienne et d'abord naïve lorsque j'enseignais la conduite automobile. Au cœur des apprentissages, je percevais chez les apprentis conducteurs les manifestations des difficultés à inhiber des gestes, à planifier des actions avant qu'elles ne soient sur-apprises (comme un freinage-rétrogradage par exemple) ou à mettre à jour les nombreuses informations nécessaires à la conduite. Dans les classes, au plus près des enfants, j'ai retrouvé les mêmes observations et les mêmes manifestations dans les apprentissages scolaires.

Cette thèse n'aurait sans doute pas vu le jour sans le concours de Jean-Baptiste Muller, alors président du réseau de suivi régional *Grandir Ensemble* et de Laure Simon en charge de la cohorte LACTACOL qui souhaitaient évaluer le devenir neurocognitif d'enfants nés prématurés et à qui nous avons pu proposer ce projet de thèse. Il était alors naturel pour moi d'orienter ce travail sur les interfaces, de par mes expériences plurielles mais surtout par ma volonté clinique de prendre en considération les situations avec un regard intégratif en étant convaincu que les solutions d'actions et de prises en soin passent par la collaboration et la pluridisciplinarité.

Un nouveau-né est considéré prématuré lorsque la naissance a lieu avant 37 semaines d'aménorrhée (SA) révolue, calculé à partir du premier jour des dernières règles de la mère, ce qui concerne environ 60 000 naissances par an en France. Il est aujourd'hui admis que la prématurité représente un facteur de risque de perturbation du développement, avec un impact durable sur de nombreuses dimensions cognitives, comportementales et émotionnelles. Ces questions constituent un enjeu de santé publique important, pour lesquelles des préconisations ont été définies à travers des travaux autour du repérage et de l'orientation des enfants à risque de développer des TND (HAS, 2020) et des troubles d'apprentissage (TA). Ces derniers soulignent notamment la nécessité d'un bilan neuropsychologique afin d'identifier la présence de troubles cognitifs et d'apprentissages, et de mettre en œuvre une prise en charge adaptée, individualisée et précoce. L'évaluation des FE fait notamment partie de ces recommandations.

Les FE renvoient à un terme « parapluie » désignant un ensemble de processus de contrôle de haut niveau permettant d'ajuster le comportement de l'enfant en fonction de facteurs environnementaux ou personnels : parler au moment opportun, récupérer l'information en mémoire, organiser les étapes d'une activité. Autant de situations où il est nécessaire de combiner, réguler et orchestrer les comportements pour les orienter vers un

but précis (Diamond, 2013; Lehto et al., 2003). En étant préférentiellement sollicitées en situation nouvelle ou inhabituelle, les FE jouent un rôle central dans l'accroissement des compétences en permettant la réalisation de très nombreuses actions quotidiennes et d'apprentissages (Spiegel et al., 2021).

L'acquisition des savoirs scolaires (lecture, orthographe et mathématiques) est régulièrement perturbée en cas de naissance prématurée (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). De même, les travaux qui ont évalué les FE mettent en évidence des difficultés dans l'ensemble des composantes qui les composent habituellement (inhibition, MT, flexibilité et planification). Toutefois, alors que la pratique clinique dans le contexte scolaire offre un champ d'investigation particulièrement riche pour analyser les difficultés exécutives de l'enfant, il apparaît que l'étude de leurs interfaces avec apprentissages académiques classiques est largement méconnue et incomplètement investiguée. Aussi, ce travail de thèse a pour ambition de mieux comprendre le profil des perturbations du contrôle exécutif chez l'enfant prématuré et leurs impacts spécifiques sur les apprentissages scolaires. De plus, nous souhaitons contribuer aux interactions entre les domaines médicaux, psychologiques et éducatifs afin de favoriser les prises en soin et les suivis périnataux de manière intégrative au plus près des besoins de ces enfants vulnérables.

La thèse se structure en deux parties. La première, théorique, sera consacrée dans un premier chapitre à l'exposition des données relatives à la sémiologie de la prématurité, aux différents risques et conséquences associés à ce contexte clinique particulier sur le neurodéveloppement, ainsi qu'aux soins périnataux et de soutien au développement de ces enfants. Un second chapitre présentera les différents apprentissages scolaires et décrira l'organisation du système scolaire en France. Nous aborderons également la définition, les repères d'acquisition et les évaluations des apprentissages scolaires avant de détailler les

difficultés scolaires régulièrement rencontrées dans la prématurité. Le troisième chapitre présentera le cadre théorique autour des FE et les différents concepts que recourent ces processus de haut niveau. Nous chercherons à détailler la clinique des dysfonctionnements exécutifs et développerons les enjeux liés à l'évaluation des FE chez l'enfant, avant de présenter une synthèse des difficultés exécutives rencontrées dans la prématurité. Le chapitre 4 sera consacré aux relations entre les apprentissages scolaires et le fonctionnement exécutif, d'abord dans le développement typique, puis dans la prématurité où elles seront abordées à travers une revue systématique de la littérature et une méta-analyse (présentée sous la forme d'un article en anglais). Enfin dans un cinquième chapitre, nous présenterons une nouvelle lecture de ces interfaces, en pointant les limites de la littérature, en particulier les carences théoriques et méthodologiques qui sont à l'origine de la thèse.

La seconde partie, expérimentale et clinique, débutera par la description de la problématique, des objectifs et des hypothèses (Chapitre 6). Le chapitre suivant présentera la méthodologie de recherche qui vise à répondre aux limites précédentes. Nous détaillerons notamment les critères d'évaluation développés, afin de caractériser de manière précise les difficultés rencontrées par les enfants nés prématurés. Avant de s'intéresser à l'impact des FE sur les apprentissages scolaires, nous examinerons, au cours du Chapitre 8, les résultats domaine par domaine. Puis, pour prolonger les études de groupes, nous présenterons une étude de profils qui visera à montrer l'importance d'un regard intégratif sur les situations. Enfin, au cours du Chapitre 9, une discussion générale reprenant l'ensemble des principaux résultats sera proposée et développera les considérations méthodologiques et les prolongements cliniques possibles.

– PARTIE THEORIQUE –

1. LA PREMATUREITE

1.1. Définition et épidémiologie

D'après l'OMS (2019), une naissance est dite prématurée lorsque le nouveau-né naît avant 37 SA. Plus précisément, la prématurité dite modérée et tardive correspond à une naissance entre 32 et 37 SA, la grande prématurité à une naissance comprise entre 28 et 32 SA (1% des naissances globales) et l'extrême prématurité à une naissance avant 28 SA (0,15% des naissances globales ; Torchin & Ancel, 2016).

On estime que dans le monde, 10,6% des nouveau-nés sont prématurés (Chawanpaiboon et al., 2019) et que ce taux augmente dans tous les pays disposant d'indicateurs fiables (Blencowe et al., 2013). Dans les pays développés, ce taux varie autour de 9 à 10 % (Chawanpaiboon et al., 2019; Martin et al., 2017). En France, les naissances avant terme représentent 7,5%, toutes naissances confondues, et 6% des grossesses uniques (Blondel et al., 2017). Ces chiffres, en constante augmentation depuis les 25 dernières années, impactent durablement la vie des enfants car si leur survie s'améliore, le nombre d'enfants à risque de développer des déficiences augmente (Allen et al., 2011). En effet, il est aujourd'hui considéré qu'environ la moitié des déficiences et handicaps pourraient être liés à la période périnatale, et la naissance prématurée en est une des causes principales (INSERM, 2004). Dans le guide de recommandations publié par la Haute Autorité de Santé (HAS, 2020) pour le repérage et l'orientation des enfants à risque de Troubles du

Neurodéveloppement (TND), la prématurité est reconnue comme facteur de risque. Le risque est qualifié de « modéré » pour les naissances comprises entre 32 et 37 SA et pour les enfants avec un faible poids pour l'AG (soit < 3^e percentile ou < -2 DS pour l'AG) et de « haut » pour la grande prématurité (<32 SA) et pour les enfants nés à <37 SA avec retard de croissance intra-utérin (RCIU) ou faible poids pour l'AG.

Lors du déclenchement d'une naissance prématurée, il est classiquement admis de distinguer la prématurité spontanée de la prématurité induite (Torchin & Ancel, 2016). La prématurité induite est consécutive à une décision médicale concernant la santé du nouveau-né et/ou de la mère, par exemple dans le cas d'une hémorragie, d'une pré-éclampsie, de pathologies vasculaires placentaires associées ou non à un RCIU. La prématurité spontanée est la conséquence d'un déclenchement inattendu du travail dont la cause peut être une rupture des membranes, une infection, une malformation utérine ou encore une grossesse multiple (Frey & Klebanoff, 2016; Torchin & Ancel, 2016). De nombreux facteurs de risques sont associés à une naissance prématurée, parmi lesquels se retrouvent, des caractéristiques maternelles : âge, consommation de substances, indice de masse corporelle pré-conceptionnel, niveau de revenu et/ou niveau d'éducation (SES) faible, conditions de travail difficiles (longues stations debout, travail physique), facteurs psychologiques (stress, anxiété, dépression), etc. ; des facteurs gynécologiques et obstétricaux : primiparité ou multi-parité (> 4), antécédent de prématurité et de fausse couche ou d'interruption de grossesse, fécondation assistée, etc. (Frey & Klebanoff, 2016; Goldenberg et al., 2008; Torchin & Ancel, 2016). Toutefois, la ou les causes d'une naissance prématurée spontanée ne peuvent pas être systématiquement identifiées.

1.2. Risques neurologiques et développement cérébral

Immatures, les organes des nouveau-nés prématurés sont vulnérables, et en premier lieu le cerveau. La naissance intervient inévitablement à un moment où les processus ontogéniques de construction cérébrale sont soit émergents soit dans une période critique d'intense développement (de Graaf-Peters & Hadders-Algra, 2006; Lagercrantz & Ringstedt, 2001; voir Figure 1). Au cours du dernier trimestre, le développement du cortex se poursuit et les sillons corticaux apparaissent progressivement (Dubois et al., 2008, 2012). La naissance vient potentiellement mettre en péril nombre de ces processus (tels que la synaptogénèse ou la myélinisation) et induire des lésions précoces à partir de processus ischémiques. Les lésions régulièrement présentes chez le nouveau-né prématuré sont des altérations de la substance blanche, entraînant des anomalies dans les faisceaux axonaux thalamo-corticaux, notamment du fait d'hémorragies intraventriculaires (HIV) ou de leucomalacies périventriculaires (LMPV) qui sont régulièrement diagnostiquées (Schneider et al., 2014).

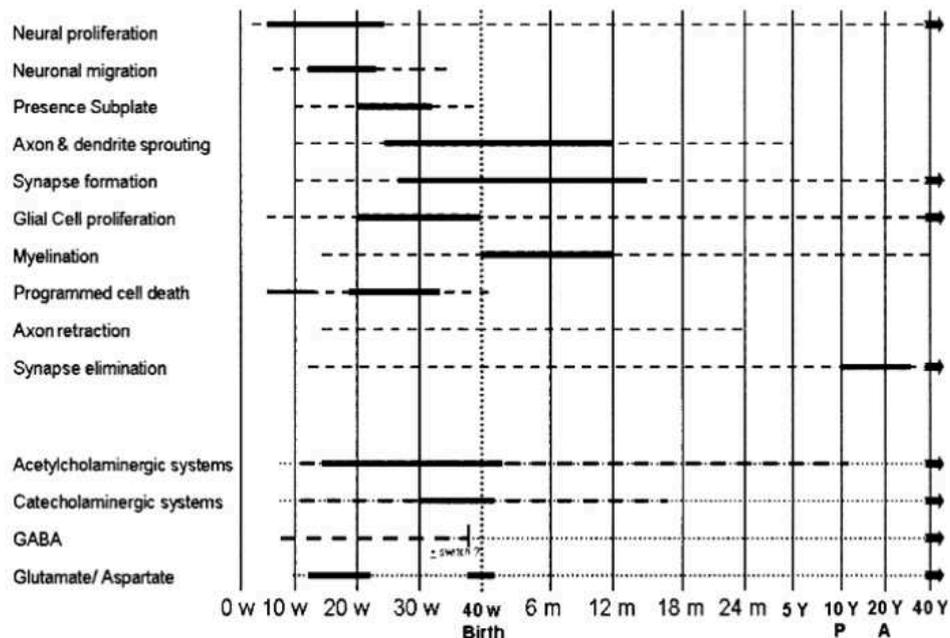


Figure 1: Résumé des empan temporels des processus neurodéveloppementaux dans le télencéphale au cours de l'ontogenèse humaine. Reproduction autorisée : de Graaf-Peters, V. B., & Hadders-Algra, M. (2006). *Ontogeny of the human central nervous system : What is happening when? Early Human Development*, 82(4), 257-266. Reproduction avec l'accord de Elsevier Masson SAS n° 5655350005863. Tout droit réservé.

Les études utilisant la neuro-imagerie ont mis en évidence que les enfants nés prématurés présentaient des particularités cérébrales structurelles et fonctionnelles. Il est rapporté une réduction du volume cérébral global, des volumes corticaux de la substance grise et de la substance blanche et de la myélinisation, tant chez les enfants que chez les adolescents (de Kieviet et al., 2012; Inder et al., 2005), qui est mise en relation avec les résultats de quotient intellectuel (QI) et de FE plus faibles (Thompson et al., 2016; Vollmer et al., 2017). De plus, si le cerveau des enfants prématurés peut traiter correctement les informations, il apparaît que le réseau de connexion est globalement moins complexe et efficace et que le transfert des informations entre les différentes régions cérébrales nécessite plus d'étapes que pour leurs pairs nés à terme (Sa de Almeida et al., 2021).

À la naissance, le nouveau-né prématuré doit être hospitalisé dans un service de néonatalogie afin de recevoir les soins nécessaires à sa survie. La transition entre le monde intra-utérin protecteur et une unité de soins intensifs est brutale et va générer de nombreuses stimulations sensorielles intenses (lumineuses ou auditives) et douloureuses (Koenig-Zores & Kuhn, 2016). Ces nombreuses sollicitations peuvent devenir des sources importantes de stress qui jouent un rôle sur la maturation cérébrale, avec de potentielles conséquences cognitives ultérieures (Lejeune et al., 2020). La sensibilité du développement cérébral à l'environnement précoce et la possibilité de lui nuire, de le protéger ou le stimuler ce développement renvoient aux mécanismes de plasticité cérébrale et rend compte de l'impact possible des prises en soins précoces (Altimier & Holditch-Davis, 2020; Brown, 2009; Philpott-Robinson et al., 2017; Wachman & Lahav, 2011).

Ainsi, lors d'une naissance prématurée, plusieurs médiateurs de sévérité impactent le devenir neuropsychologique. Les conséquences sur le développement des compétences langagières, intellectuelles, attentionnelles, praxiques ou de la cognition sociale et de leur

retentissement sur la qualité de vie (QdV) et la santé psychologique sont particulièrement importantes à considérer et font l'objet de la section suivante.

1.3. Les conséquences de la prématurité sur les TND et le développement psychologique

L'étude systématique de grandes cohortes à travers le monde a montré que les anciens prématurés risquaient de développer davantage de troubles. Les conséquences neurodéveloppementales peuvent apparaître progressivement, à mesure que l'enfant grandit et que les sollicitations de l'environnement se complexifient. En effet, les recherches ont relevé que la prématurité impactait la trajectoire développementale d'une large majorité de ces enfants. Toutefois, il convient de noter que nous évoquons des prévalences, signifiant qu'une majorité des enfants nés prématurés se développe de manière similaire aux enfants nés à terme.

1.3.1. L'efficacité intellectuelle

Les mesures de l'efficacité intellectuelle et des raisonnements sont des repères de développement importants et différentes méta-analyses ont permis de comparer les scores de QI entre des enfants nés prématurés et des enfants nés à terme (Tableau 1).

Les résultats mettent en évidence, de manière consensuelle et régulière, des scores de QI plus faibles chez les enfants nés prématurés. Toutes les méta-analyses s'accordent autour d'une baisse de 10 à 13 points de moyenne de QI comparativement aux enfants nés à terme, quel que soit l'âge d'évaluation ou l'année de naissance. Selon Pascal et al. (2018), une prévalence de retard cognitifs de 16,9% (Intervalle de confiance [IC] à 95% : 10,4 ; 26,3) est retrouvée chez des grands prématurés et très faible PN.

Tableau 1: Résultats des méta-analyses sur les performances de QI dans la prématurité

Étude	Années de naissance	AG (sem)	PN moyen (g)	Âge d'éval (ans)	k	n	Échelle complète	
							SMD (IC 95%)	MD (IC 95%)
Allotey et al., 2018	1969 – 2007	< 37	695 – 2751	2 – 31,3	52	6502	-0,70 (-0,73 ; -0,60)	
Arpi et al., 2019	1998 – 2006	< 32	< 1500	3 – 5	7	758	-0,77 (-0,88 ; -0,66)	
Bhutta et al., 2002	1975 – 1988	< 37	< 1500	5 – 14	15	1556		-10,9 (-9,2 ; -12,5)
Brydges et al., 2018	–	< 32	< 1500	4 – 17	44	4225	-0,82 (-0,90 ; -0,74)	
Kerr-Wilson et al., 2012	1975 – 2000	< 37	695 – 2446	5 – 16	27	3504		-11,9 (-10,47 ; -13,42)
Twilhaar, Wade et al., 2018	1990 – 2008	28,5	1103,6	5 – 20	71	7752	-0,86 (-0,94 ; -0,78)	

Notes. AG : Âge gestationnel en semaines ; PN : Poids de naissance en grammes ; Âge d'éval : Âge d'évaluation en année ; k : Nombres d'études incluses dans les analyses ; n : Taille échantillon enfants nés prématurés ; IC : Intervalle de confiance

SMD : Différence moyenne standardisée ; MD : Différence moyenne

Les difficultés apparaissent stables dans le temps puisque les résultats sont retrouvés tant chez les enfants d'âge préscolaire de 2 à 5 ans (Allotey et al., 2018; Arpi et al., 2019) que chez les patients de 5 à 20 ans (Bhutta et al., 2002; Brydges et al., 2018; Kerr-Wilson et al., 2012; Twilhaar, Wade et al., 2018). L'année de naissance ne paraît pas être liée aux scores de QI, indiquant que les améliorations des soins périnataux durant cette période (1969 – 2008) ne semblent pas liées aux compétences intellectuelles (Allotey et al., 2018; voir aussi Burnett et al., 2018). De plus, la présence d'une dysplasie broncho-pulmonaire (nécessité d'oxygénothérapie pendant au minimum 28 jours après la naissance) expliquerait 65% de la variance du score moyen de QI (Twilhaar, Wade et al., 2018). Dit autrement, cela correspondrait à une baisse de 15 points par rapport à l'absence de dysplasie broncho-pulmonaire.

1.3.2. Motricité et praxies

Dans leur méta-analyse, Pascal et al. (2018) montrent que, chez des grands prématurés et très faible PN, une prévalence de retards moteurs de 20,6% (IC à 95% : 13,9 ; 29,4). Toutefois, avant 5 ans, la prévalence est de 36% (IC à 95% : 30,2 ; 42,3). Concernant les PC, les auteurs relèvent une prévalence globale de 6,8% tandis qu'en France, le

diagnostic de PC à 2 ans est passé de 9 à 5% des grands prématurés entre 1997 et 2011 (Pierrat et al., 2017). La gêne fonctionnelle n'empêche pas la marche à 2 ans pour la moitié de ces patients. Les facteurs de risque de PC sont bien décrits : plus petits AG (10,6% à 25 SA vs 2% à 32 SA), petit poids pour l'AG, dysplasie bronchopulmonaire et de manière très importante les complications neurologiques de haut grade (HIV grade IV et LMPV kystique).

Un trouble développemental de la coordination est défini par le DSM-5 comme (a) une acquisition et une exécution de la coordination motrice nettement inférieures par rapport à l'âge chronologique ; (b) une déficience des compétences motrices persistante et retentissant significativement dans la vie quotidienne, avec un impact sur les résultats scolaires ; (c) des symptômes présents depuis la période développementale précoce ; (d) et des difficultés qui ne sont pas expliqués par un handicap intellectuel, une déficience visuelle ou une affection neurologique motrice (telle que la PC) (Costini & Remigereau, 2021). Une forte prévalence du trouble développemental de la coordination est mis en évidence chez les enfants nés prématurés et Arpino et al.(2010) indiquent un écart de 9,5 à 51% contre 1,8 à 27,7% dans la population pédiatrique générale, ces écarts s'expliquant notamment selon les critères diagnostics appliqués (Costini & Remigereau, 2021). Une étude portant sur plus de 20 000 enfants danois, à partir du Developmental Coordination Disorder Questionnaire, montre qu'un recul de l'AG d'une semaine était associé à un risque accru de troubles de la coordination de 19 % (IC 95% : 14% ; 25%) chez les enfants nés avant 40 semaines, sans toutefois retrouver d'impact entre l'AG, le sexe ou la présence de RCIU (Zhu et al., 2012). Dans une méta-analyse récente, van Hoorn et al. (2021) ont cherché à établir quels étaient les facteurs de risques d'apparition du trouble de la coordination. La prématurité est apparue comme un facteur de risque important (OR : 2,02 [IC à 95% : 1,43 ; 2,85]) et les marqueurs du risque périnatal (tels que HIV grade III-IV et LMPV kystique ; rétinopathie, dysplasie

bronchopulmonaire ou corticothérapie postnatale, et durée totale d'hospitalisation) ont été associés à un risque significativement plus élevé de déficience motrice ultérieure.

1.3.3. Le langage

Les compétences langagières sont essentielles pour assurer la communication interpersonnelle quotidienne et entretenir des relations sociales. Les habiletés langagières recouvrent le langage expressif (c'est-à-dire la production) et réceptif (la compréhension), ainsi que de multiples dimensions telles que : la conscience phonologique (conscience des sons de la parole), la sémantique (le sens des mots et des phrases, souvent opérationnalisée à travers le vocabulaire), la grammaire (qui réfère à la structure du langage) et la pragmatique (qui correspond à l'adaptation du langage selon le contexte). Plusieurs méta-analyses ont mis en évidence des difficultés de langage chez les enfants nés prématurés (Barre et al., 2011; van Noort-van der Spek et al., 2012; E. Zimmerman, 2018). Dans leurs travaux, Barre et al. (2011) ont rapporté des difficultés avec des tailles d'effets modérées à fortes en langage expressif ($g = -0,63$ [IC à 95% : -0,80 ; -0,45], $k = 3$; $n = 630$) et en compréhension ($g = -0,77$ [IC à 95% : -0,94 ; -0,60], $k = 4$; $n = 691$) chez de très grands prématurés. Des difficultés moins importantes, mais significatives, ont été repérées en vocabulaire tant sur le versant expressif ($g = -0,38$ [IC à 95% : -0,48 ; -0,29], $k = 7$; $n = 1354$) que réceptif ($g = -0,59$ [IC à 95% : -0,79 ; -0,40], $k = 2$; $n = 391$). Toutefois, il convient de rester prudent sur ce dernier résultat, qui n'était basé que sur deux études. Zimmerman (2018), en se centrant sur les 5-9 ans, avait confirmé ces écarts sur le langage expressif et réceptif avec des différences moyennes significatives respectivement de -6,16 ([IC à 95% : -8,47 ; -3,73], $k = 9$; $n = 1522$) et -6,10 ([IC à 95% : -8,47 ; -3,73], $k = 9$; $n = 1671$). L'auteur avait également pris en compte la conscience phonologique, la grammaire et la pragmatique du langage dans les analyses. Les méta-analyses ont mis en évidence que les enfants nés prématurés avaient des moyennes significativement plus faibles que leurs pairs nés à terme en conscience

phonologique (-1,46 [IC à 95% : -1,91 ; -1,01], $k = 7$; $n = 1281$), en grammaire (-4,55 [IC à 95% : -8,75 ; -0,34], $k = 5$; $n = 694$), mais pas en pragmatique (-8,30 [IC à 95% : -20,76 ; -4,15], $k = 5$; $n = 426$). Le fait d’avoir des résultats contre-intuitifs dans la pragmatique, au vu du niveau de complexité du langage et des traitements cognitifs impliqués, était lié au faible nombre ($k = 3$) et à l’hétérogénéité des études incluses.

Sur la base d’une approche distinguant le langage simple (acquisition du vocabulaire et de phrases courtes) et le langage complexe (compréhension et utilisation de phrases élaborées (relatives), de verbes et de concepts complexes), van Noort-van der Spek et al. (2012) ont mis en évidence chez des enfants nés prématurés de 3 à 12 ans des difficultés avec des tailles d’effet faibles à forte (langage simple : $d = -0,45$ [IC à 95% : -0,59 ; -0,30], $k = 13$; langage complexe : $d = -0,62$; [IC à 95% : -0,82 ; -0,43], $k = 6$). Par ailleurs, ils ont observé que les difficultés s’amplifiaient avec l’âge pour le langage complexe, mais pas pour le langage simple. Selon les auteurs, ces résultats pourraient s’expliquer par le fait que les fonctions langagières complexes, en impliquant davantage les connaissances sémantiques et syntaxiques d’ordre supérieur, demandent une intégration entre les domaines langagiers et la mémoire de travail (MT).

Les études en France ont mis en évidence un certain nombre de difficultés dès 2 ans (Charollais et al., 2014). En évaluant 2424 enfants de la cohorte EPIPAGE 2, Charkaluk et al. (2019) ont rapporté que 29 % d’entre eux avaient un faible lexique (correspondant à moins de 28 mots parmi une liste de 100) et près de 22% ne parvenaient pas à combiner les mots à 2 ans d’âge corrigé (l’âge corrigé est égal à l’âge chronologique moins les semaines de gestation manquantes). Ces difficultés étaient également associées à des résultats faibles au domaine *Communication* de l’Ages and Stages Questionnaire.

Les enfants nés prématurés apparaissent plus susceptibles de présenter des difficultés dans divers aspects du langage par rapport à leurs pairs nés à terme. Cela souligne la

nécessité d'une attention particulière dans le cadre des suivis périodiques. Il apparaît essentiel de proposer des suivis orthophoniques en cas de décalages observés au vu des répercussions des troubles langagiers dans la vie quotidienne de l'enfant, que ce soit au niveau de la communication ou de l'entrée dans les apprentissages.

1.3.4. Troubles neurosensoriels

Sur le plan neurosensoriel, la cécité ou la surdité profonde concerne moins de 1% des grands prématurés mais près de 7% d'entre eux portent une correction optique dès 2 ans (Pierrat et al., 2017). L'environnement sonore de la réanimation néonatale et l'utilisation de certains traitements (comme les diurétiques) peuvent fragiliser le développement du nerf auditif. Il faut également être vigilant pendant le suivi au risque d'apparition d'une surdité de transmission, liée à la fréquence des infections respiratoires hautes, ainsi qu'à l'étroitesse des conduits auditifs et pouvant créer un sur-handicap, avec des difficultés attentionnelles précoces et une agitation psychomotrice. La présence d'une rétinopathie (correspondant à une croissance anarchique des vaisseaux à la surface de la rétine), elle-même liée à l'administration d'oxygène, stimulant certains facteurs de croissance, augmente par ailleurs le risque de baisse de l'acuité visuelle, affectant les nombreuses fonctions qui dépendent du traitement visuel, comme certaines études l'ont montré pour le développement neurologique et la réussite scolaire (Molloy et al., 2016, 2017; Tan et al., 2021).

1.3.5. Le traitement visuospatial

De manière relativement consensuelle, il apparaît que les traitements visuospatiaux sont régulièrement considérés comme une source de difficultés pour les enfants nés prématurés, quel que soit l'AG (Adrian et al., 2020; Akshoomoff et al., 2017; Aylward, 2002; Cserjesi et al., 2012; Hasler & Akshoomoff, 2019; Marlow et al., 2007; Simms et al., 2015). Chez des enfants de 3 à 5 ans, Arpi et al. (2019) ont ainsi rapporté des difficultés en

particulier au niveau des aptitudes graphomotrices (- 0,57 [-0,72 – -0,43], $k = 5$; $n = 534$).

Les traitements visuels seraient plus susceptibles d’être perturbés en cas de LMPV ou de lésions post-chiasmatiques (Deforge et al., 2009), selon le PN et le SES (Rodrigues et al., 2006; Taylor et al., 2000).

Les déficits qui touchent le domaine visuospatial peuvent impacter négativement plusieurs activités de la vie quotidienne et interférer notamment avec les apprentissages scolaires. Le repérage de ces difficultés dans le cadre des visites de suivi doit permettre la mise en place de soins précoces (orthoptie, ergothérapie ou psychomotricité) afin d’en limiter le retentissement.

1.3.6. TDAH, comportements et répercussions sur la qualité de vie

Les enfants nés prématurés ont une la forte prévalence de Trouble Déficit de l’Attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H). Le TDA/H est un trouble neurodéveloppemental parmi les plus fréquents (7 à 10 % de la population pédiatrique selon les critères) et trois tableaux sont possibles selon la prédominance des symptômes (inattention, hyperactivité-impulsivité et mixte) (Rouleau & Reduron, 2020). Dans le cadre de la prématurité, Franz et al. (2018) rapportent que les anciens prématurés ont 3 fois plus de risque d’avoir un TDA/H que leurs pairs nés à terme. Le risque accru de TDA/H aurait comme conséquence une plus grande prévalence de difficultés comportementales internalisées (repli sur soi, anxiété, dépression, etc.) ou externalisées (comportement oppositionnel, prise de risque, délinquance, etc.) chez les enfants nés prématurés (Grunau et al., 2004; Loe et al., 2014; Taylor et al., 2000).

En se centrant sur deux questionnaires régulièrement utilisés dans la littérature : le CBCL (*Child Behavior Checklist*) et le TRF (*Teachers Report Form*), Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al. (2009) ont mis en évidence des résultats contrastés. Les auteurs

retrouvent plus de problèmes comportementaux internalisés évalués par les enseignants ($d = -0,28$ [IC à 95% : $-0,45$; $-0,12$], $k = 5$; $n = 920$) que par les parents ($d = -0,20$ [IC à 95% : $-0,48$; $-0,08$], $k = 6$; $n = 930$). Concernant les comportements externalisés, les auteurs ne rapportent aucune différence, que le répondant soit les enseignants ($-0,08$ [IC à 95% : $-0,24$; $0,07$], $k = 5$; $n = 920$) ou les parents ($-0,09$ [IC à 95% : $0,05$; $0,22$], $k = 6$; $n = 930$). Pour chacune des mesures, il n'apparaît pas de relations significatives avec l'âge d'évaluation laissant supposer que les difficultés rencontrées dans l'enfance resteraient stable pendant le développement et persisteraient à l'âge adulte tandis que, dans leur méta-analyse, Allotey et al. (2018) relève que les difficultés comportementales peuvent s'aggraver avec le temps. Les résultats évoluent selon les âges, passant de $-0,12$ SMD [IC à 95% : $-0,29$; $-0,05$], $k = 1$; $n = 197$) à 2-4 ans, puis à $-0,34$ SMD ([IC à 95% : $-0,45$; $-0,23$], $k = 7$; $n = 820$) à 4-11 ans et à $-0,72$ SMD ([IC à 95% : $-0,97$; $-0,47$], $k = 2$; $n = 151$) à 11-18 ans. Cependant, ces résultats sont à analyser avec prudence du fait du faible nombre d'études incluses.

Concernant la qualité de vie, les parents d'enfants prématurés âgés de 4 ans rapportent une dégradation de la socialisation, de la qualité des relations interpersonnelles, des jeux et du temps de loisirs (Alduncin et al., 2014). À 8 ans et demi, ils indiquent des difficultés notamment dans le bien-être psychologique, les activités scolaires, la joie de vivre et l'image du corps (Gire et al., 2019, 2020). Directement questionnés, ces enfants montrent que leur QdV est inférieure dans la plupart des domaines évalués, incluant leurs relations aux autres, leur estime de soi, les loisirs (Gire et al., 2019), les relations avec leurs pairs et leur image du corps (Gire et al., 2020). Il a en outre été montré que les troubles exécutifs (mais aussi le retard de langage et l'intégration visuospatiale) participaient à la dégradation de la QdV des enfants (Gire et al., 2020).

La question de la prospective et du devenir de ces enfants au contexte de naissance particulier se pose pour les parents et les équipes médicales. Les études chez les adultes

laissent penser que les difficultés rencontrées dans l'enfance perdurent en vieillissant (Linsell et al., 2019). Toutefois, ces données sur la stabilité des troubles, voire leur caractère prédictif à l'âge adulte, restent à confirmer selon Arpi et Ferrari (2013). Une récente revue systématique avec méta-analyse (Fernández de Gamarra-Oca et al., 2021) évaluant la santé mentale d'adultes anciens prématurés modérés a indiqué qu'ils présentaient un risque plus élevé de troubles psychiatriques ($OR : 1,14$ [IC à 95% :1,05 ; 1,24]), de troubles liés à l'utilisation de substances ($OR : 1,16$ [IC à 95% :1,06 ; 1,27]) et de troubles psychotiques ($OR : 1,40$ [IC à 95% :1,07 ; 1,83]). En revanche, ils ne rapportaient pas plus de troubles anxieux ni de troubles de l'humeur. Les retentissements sur la QdV à l'âge adulte apparaissent encore à déterminer. Les questionnaires proposés lors des évaluations sont souvent des échelles évaluant la santé, qui est davantage susceptible d'être touchée pour les anciens extrêmes prématurés que pour des personnes nées à terme (Marlow et al., 2022). Par ailleurs, lorsque les mesures portent sur le fonctionnement et l'inclusion dans la société, la majorité des anciens prématurés adultes apparaissent bien adaptés, malgré des niveaux d'études plus faibles, plus d'introversité et plus de difficultés de communication sociale (Marlow et al., 2022; Saigal, 2016; van der Pal et al., 2020).

Les professionnels intervenants au plus près des enfants ont conscience de ces risques et un certain nombre de réflexions sont menées pour améliorer les hospitalisations et les prises en soins.

1.4. Les soins périnataux et de soutien au développement

Les progrès de prise en soins des patientes à risque d'accouchement prématuré et des nouveau-nés hospitalisés en réanimation néonatale sont constants et ont été élaborés pour soutenir le développement des enfants et accompagner les parents. Les *soins de développement* basés sur les soins centrés sur la famille sont un ensemble de techniques non

médicamenteuses, de nature environnementale et comportementale, dont l'objectif principal est d'améliorer le développement neurologique à court et à long terme des nouveau-nés à haut risque (Browne, 2011). Destinés à préserver le confort du nouveau-né hospitalisé en réduisant son stress et à renforcer les liens parents-enfants, les soins de développement reposent sur les recommandations de pratiques des sociétés savantes, notamment portées en France par le Groupe de Réflexion et d'Évaluation de l'Environnement des Nouveau-nés (GREEN) au sein de la Société Française de Néonatalogie (Kuhn et al., 2018). Ces techniques peuvent être utilisées de façon isolée ou être associées à des programmes intégrés comme le *Neonatal Individualized Developmental Care and Assessment Program* (NIDCAP; Als et al., 2012; Sizun et al., 2017) qui repose sur l'observation fine et répétée des comportements de l'enfant suite à des stimulations où lors des phases de repos.

Dans ce cadre, plusieurs recommandations mettent en avant l'importance de créer un environnement calme et adapté aux besoins sensoriels des nourrissons prématurés et insistent également sur la nécessité d'une communication étroite avec les parents et de leur implication active dans les soins, reconnaissant ainsi le rôle central de la famille dans le bien-être des nourrissons prématurés (Koenig-Zores & Kuhn, 2016; Kuhn et al., 2018; Pillai Riddell et al., 2023; Roué et al., 2017). Il s'agit de travailler à l'émergence d'un environnement favorable en réduisant le bruit et la luminosité ; de permettre un accès au service 24h/24 aux parents pour favoriser la création du lien d'attachement ; de proposer un soutien psychologique aux parents ; de favoriser la prévention et la gestion de la douleur du nouveau-né (suction non nutritive ; diminution du nombre de manipulations) ; d'encourager à respecter les phases veille/sommeil ; d'encourager par l'enveloppement et la mise en place de cocon ou nid une position de regroupement dans l'incubateur ; de favoriser les moments de peau-à-peau et la mise en place de l'allaitement maternel (Roué et al., 2017). Le peau-à-peau (ou méthode de soin kangourou) est la seule méthode préconisée par l'OMS et est

définie comme le contact précoce, continu et prolongé en peau-à-peau entre la mère (ou un autre *caregiver*) et le bébé (OMS, 2015, 2022). Il a montré des effets favorables tant à court (Carbasse et al., 2013; Head, 2014) qu'à long terme (Feldman et al., 2014; Ropars et al., 2018). De plus, l'attention portée à la mise en place de l'allaitement maternel a montré son efficacité sur le devenir des anciens prématurés, en particulier sur le QI à 5 ans (Callen & Pinelli, 2005; Rozé et al., 2012; Tanaka et al., 2009).

Plus largement, l'amélioration constante des soins est attestée par les différences observées dans les larges études nationales EPIPAGE menées en France en 1997 et 2011. La maturation pulmonaire avec la corticothérapie anténatale, qui limite la gravité respiratoire, est plus fréquemment réalisée (80,9 % vs 73,2 % avant 32 SA). Ainsi la morbidité néonatale sévère (définie par une dysplasie bronchopulmonaire, une entérocolite, une rétinopathie sévère ou une complication neurologique avec une HIV de haut grade ou une LMPV) a chuté entre 1997 et 2011 de 36% à 17,5% chez les prématurés de moins de 32 SA. La rétinopathie sévère concerne 9 % des 25 SA et seulement 0,3% des 27 – 31 SA (Pierrat et al., 2017). De plus, en Australie, Cheong et al. (2021) ont montré, à partir du suivi de quatre cohortes d'extrêmes prématurés, une amélioration régulière à travers le temps du taux de survie des enfants indemnes de complications neurologiques importantes (42% (1991 – 1992), 51% (1997), 53% (2005) et 62% (2016 – 2017) ; odds ratio (OR) : 1,30 par décennie) et que la prévalence de la paralysie cérébrale (PC ; c'est-à-dire un trouble du développement, du mouvement ou de la posture, causé par des lésions neurologiques fixées) avait baissé (6% en 2016 – 2017 par rapport aux décennies précédentes (11% en 1991 – 1992 ; 12% en 1997 et 10% en 2005). Toutefois, l'étude mettait en évidence peu de changements sur la prévalence de troubles majeurs du neurodéveloppement et sur les retards développementaux à 2 ans.

L'impact des soins de développement sur l'évolution neurologique doit être encore clarifié car des résultats contradictoires à 18 mois sont rapportés (Muller & Marret, 2023). Il apparaît que les programmes de soins centrés sur les relations qui se poursuivent au domicile des parents durant plusieurs mois après la sortie d'hospitalisation montrent un impact sur le QI à 5 ans (Nordhov et al., 2010; Van Hus et al., 2013), même si des résultats contradictoires sont également retrouvés (Verkerk et al., 2012).

Ainsi, plusieurs médiateurs de sévérité sont connus pour impacter les difficultés rencontrées dans le cadre d'une naissance avant terme. Si les facteurs biologiques sont de forts prédicteurs de difficultés ultérieures, en l'absence de troubles neurologiques précoces le pouvoir prédictif des variables environnementales augmente au cours des années à mesure que celui du risque biologique diminue (Linsell et al., 2015; St-Amand, 2006).

1.5. Facteurs de risque de difficultés neurodéveloppementales

Tout d'abord, nous verrons que l'AG et le PN sont de forts prédicteurs des difficultés ultérieures, puis nous aborderons les variables sociodémographiques, telles que le statut socio-culturel et/ou économique (SES), qui prennent de plus en plus d'importance à mesure que l'enfant grandit.

1.5.1. L'âge gestationnel et le poids de naissance

Le contexte périnatal et en particulier l'AG et le PN sont des facteurs de vulnérabilité déterminants, ainsi plus la naissance était précoce et/ou que le PN était faible, plus les troubles neurocognitifs ultérieurs étaient importants (Brumbaugh et al., 2019; Fung, 2023). Bhutta et al. (2002) ont identifié une relation linéaire entre l'AG et le QI de 25 à 40 SA. Plus récemment, Eves et al. (2023) ont mis en évidence que le PN et le terme avaient des impacts indépendants sur le QI à 5 ans. Malgré des scores de QI dans la moyenne faible, celui des enfants anciens prématurés reste significativement plus faible que celui des enfants nés à

terme. Aussi, lorsque la naissance a lieu avant 33 SA, le QI diminue en moyenne de 1,5 à 2,5 points pour chaque semaine décroissante d'AG (Johnson, 2007). Dans la cohorte EPIPAGE 2 (Pierrat et al., 2021), le QI à 5 ans et demi était de 89,6 (écart-type (ET) : 16,6) à 24 – 26 SA ; de 93,6 (ET : 15,7) à 27 – 31 SA et de 97,3 (ET : 15,0) à 32 – 34 SA. De plus, les prévalences de scores inférieurs à -2 ET (soit un QI < 70) semblent dépendre de l'AG et du PN et montrent des variations comprises entre des fréquences inférieures à 10% (Baron et al., 2009; Dai et al., 2020; Taylor et al., 2006) et plus de 30% (Simms et al., 2013; Taylor et al., 2000), avec des prévalences régulièrement comprises entre 15 et 19% (Heeren et al., 2017; Hollebrandse et al., 2020; Litt et al., 2012). En France, les données EPIPAGE (< 32 SA) (Larroque et al., 2008) ont identifié une différence moyenne de QI de 18 points et une prévalence de 11% de scores au seuil de < -2 ET (QI < 70). Dans cette cohorte, basée sur le K-ABC, il ressort notamment que ce sont les compétences impliquées dans la résolution de problèmes visuospatiaux qui sont plus impactées par rapport aux épreuves faisant appel aux ressources de mémoire à court terme visuelle ou auditive. Par ailleurs, il a été possible de prédire avec précision l'effet de l'AG sur le QI sur la cohorte EPICure (Royaume-Uni) à partir des données de la cohorte allemande Bavarian Longitudinal Study (Wolke et al., 2015). Cette capacité à prédire des retentissements d'une cohorte à l'autre parmi des enfants nés et pris en soin à différentes époques et dans différents pays, laisse suggérer des facteurs de risques neurodéveloppementaux universels dans l'extrême prématurité.

En outre, le surrisque de TDA/H augmente à mesure que l'AG et le PN diminuent (Allotey et al., 2018; Ask et al., 2018; Sucksdorff et al., 2015) et est plus important pour les extrêmes prématurés (*OR* : 4,05 [IC à 95% : 2,38 ; 6,87]) que pour les grands prématurés (*OR* : 2,25 [IC à 95% : 1,56 ; 3,26]) (Franz et al., 2018). Selon eux, les tableaux « inattention » et « hyperactivité-impulsivité » sont retrouvés aussi fréquemment l'un que l'autre sans se prononcer sur le profil mixte. Concernant les comportements internalisés et

externalisés quelques études suggèrent des différences selon l'AG (Baron et al., 2009) ou le PN (Taylor et al., 2000). Dans leur méta-analyse, Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al. (2009) rapportent que l'AG et le PN montrent des corrélations fortes et significatives avec les évaluations des comportements externalisés faites par les enseignants. En revanche, les évaluations des comportements internalisés par les parents corrélaient significativement uniquement avec l'AG.

1.5.2. Le statut socio-culturel et/ou socio-économique

Le contexte de vie et un SES faible (un niveau de revenu et/ou un niveau d'éducation parentale faible) médiatiseraient directement la qualité de vie et les difficultés neurocognitives des enfants prématurés (Beaino et al., 2011; Benavente-Fernández et al., 2019; Jaekel et al., 2021; Mathiasen et al., 2009; Nusinovici et al., 2017; Vanes et al., 2021; Wong & Edwards, 2013). Il a été décrit que le faible niveau éducatif maternel (< secondaire) était associé à un niveau de langage plus faible à 2 ans (niveau de lexique et d'association de mots), quels que soient les facteurs de risques périnataux : AG, PN, RCIU, morbidité néonatale (Sentenac et al., 2020). Aussi, les enfants à haut risque périnatal dont les mères ont un niveau d'éducation élevé présentaient des niveaux de langage similaires aux enfants à faible risque périnatal dont les mères avaient un faible niveau d'éducation. Un constat similaire a été réalisé à partir du QI, où il apparaît que les niveaux d'efficience intellectuelle d'anciens prématurés issus de familles avec un SES élevé étaient identiques à ceux des enfants nés à terme issus de familles défavorisées (Kilbride et al., 2004). Plus largement, Muller et al. (2019) ont mis en évidence le poids des facteurs environnementaux dans les complications tardives (langage, comportements) révélées au cours du suivi. Ainsi, selon les auteurs, un environnement avec un SES favorable pourrait réduire de 25% l'incidence des troubles langagiers, cognitifs et psychologiques. Ces éléments démontrent l'importance de l'environnement dans le développement de ces nouveau-nés à risque.

1.6. Synthèse

La prématurité concerne environ 60 000 nouveau-nés en France chaque année (Blondel et al., 2017). En interrompant les processus ontogéniques de construction cérébrale (de Graaf-Peters & Hadders-Algra, 2006; Lagercrantz & Ringstedt, 2001), une naissance prématurée induit une vulnérabilité cérébrale précoce et est un facteur de risque de développement des TND (HAS, 2020). Les améliorations constantes des soins combinées aux programmes de soins de développement centrés sur les relations ont permis d'augmenter le nombre de survies indemnes de complications neurologiques importantes (Cheong et al., 2021; Roué et al., 2017). Toutefois, malgré ces améliorations, les conséquences à moyen et long terme sur le développement neuropsychologique restent à clarifier. Plusieurs indicateurs de vulnérabilité tel que l'AG, le PN et les SES des parents, mais aussi les lésions cérébrales néonatales plus ou moins sévères et l'environnement familial sont autant d'éléments susceptibles de médier les difficultés observées, en particulier sur les fonctions supérieures. En effet, il a été mis en évidence l'impact de la prématurité sur le développement du langage (expressif ou réceptif) (Barre et al., 2011), les traitements visuospatiaux (Arpi et al., 2019) et l'efficacité des raisonnements intellectuels (Allotey et al., 2018). Des difficultés comportementales sont régulièrement notées (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009) et impactent potentiellement la QdV des enfants (Alduncin et al., 2014; Gire et al., 2020).

Dans le prochain chapitre, nous allons nous intéresser plus spécifiquement aux apprentissages scolaires qui, au vu des difficultés décrites ici, peuvent être impactés.

2. LES APPRENTISSAGES

SCOLAIRES

Activité complexe à l'interface de multiples compétences, les *apprentissages scolaires* font souvent référence à l'acquisition de connaissances dans trois domaines : la lecture, l'orthographe et les mathématiques (Crahay & Dutrévis, 2015). Au centre de nombreuses préoccupations, les résultats scolaires participent aux diagnostics différentiels et sont régulièrement le révélateur de difficultés plus larges. Ainsi, après avoir présenté rapidement l'organisation du système scolaire français, nous présenterons les trois grands domaines d'apprentissage que sont la lecture, l'orthographe et les mathématiques. Nous évoquerons quelques repères d'acquisition ainsi que les méthodes d'évaluation. Enfin nous étudierons l'impact de la prématurité sur leur développement.

2.1. Organisation du système scolaire en France

En France, les enfants sont soumis à l'obligation scolaire à partir de 3 ans et jusqu'à 16 ans (articles L131-1 à L131-13 du code de l'éducation). Par la loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République (n° 2013-595 du 8 juillet 2013), la République s'engage afin de permettre à tous les élèves d'acquérir le Socle Commun de Connaissances, de Compétences et de Culture (Décret n°2015-372 du 31 mars 2015). Le Socle Commun regroupe pour les élèves de 6 à 16 ans l'ensemble des acquisitions,

c'est-à-dire les connaissances (savoirs), les compétences (savoir-faire) et les attitudes (savoir-être). Il a pour objectif de donner à l'ensemble des élèves une culture commune, fondée sur les connaissances et les compétences qui sont indispensables pour permettre son épanouissement personnel (MEN, 2015 ; Tableau 2).

Tableau 2: Le socle commun de connaissances, de compétences et de culture. Décret n°2015-372 du 31 mars 2015, publié au BOEN n°17 du 23 avril 2015.

Domaine 1	Les langages pour penser et communiquer	<i>Comprendre et s'exprimer en utilisant quatre types de langage :</i> Langue française ; langues vivantes étrangères ou régionales, langage mathématiques, scientifiques et informatiques, langage des arts et du corps.
Domaine 2	Les méthodes et outils pour apprendre	<i>Apprendre à apprendre, seuls ou collectivement, en classe ou en dehors :</i> Accès à l'information et à la documentation, outils numériques, conduites de projets individuels et collectifs, organisation des apprentissages.
Domaine 3	La formation de la personne et du citoyen	<i>Transmettre les valeurs fondamentales et les principes inscrits dans la constitution :</i> Apprentissage de la vie en société, de l'action collective et de la citoyenneté, formation morale et civique, respect des choix personnels et des responsabilités individuelles.
Domaine 4	Les systèmes naturels et les systèmes techniques	<i>Donner à l'élève les fondements de la culture mathématique, scientifique et technologique :</i> Approche scientifique et technique de la Terre et de l'univers, curiosité et sens de l'observation, capacité à résoudre des problèmes.
Domaine 5	Les représentations du monde et de l'activité humaine	<i>Développer une conscience de l'espace géographique et du temps historique :</i> Compréhension des sociétés dans le temps et dans l'espace, interprétation des productions culturelles humaines, connaissance du monde social contemporain.

Le Socle Commun est conçu pour permettre une acquisition progressive et continue des Savoirs pour laquelle le programme d'enseignement précise les orientations majeures et encadre les attendus aux différents cycles (Tableau 3).

Tableau 3: Organisation des établissements scolaires et des cycles du système éducatif en France

Cycle d'enseignement		Classes	Type d'établissement ^a	Programme scolaire ^b
Cycle 1	Cycle des premiers apprentissages	Petite, Moyenne et Grande section de maternelle	École primaire ou maternelle	Publié au BOEN n° 25 du 24 juin 2021 En vigueur à la rentrée 2021
Cycle 2	Cycle des apprentissages fondamentaux	CP, CE1 et CE2	École primaire ou élémentaire	Publié au BOEN n° 31 du 30 juillet 2020 En vigueur à la rentrée 2020
Cycle 3	Cycle de consolidation	CM1, CM2 et 6 ^e	École primaire ou élémentaire (CM1 et CM2) et Collège (6 ^e)	D'après le BOEN n° 31 du 30 juillet 2020 et le BOEN n° 25 du 22 juin 2023 En vigueur à la rentrée 2023
Cycle 4	Cycle des approfondissements	5 ^e , 4 ^e et 3 ^e	Collège	Publié au BOEN n°31 du 30 juillet 2020 En vigueur à la rentrée 2020

Notes. **BOEN** : Bulletin officiel de l'Éducation Nationale ; **CP** : Cours préparatoire ; **CE1 et CE2** : Cours élémentaire première et deuxième année ; **CM1 et CM2** : Cours moyen première et deuxième année.

^a L'école élémentaire comprend les classes du CP au CM2. L'école primaire regroupe les classes de maternelle et les classes de l'élémentaire, de la petite section au CM2.

^b Les liens hypertextes renvoient à chaque programme scolaire disponible sur la plateforme nationale Éduscol (liens actifs en décembre 2023).

Au cours de la scolarité, l'évaluation des compétences du Socle Commun se fait de manière progressive, en prenant en compte les progrès de chaque élève à partir du quotidien (Éduscol, 2016a, 2016b). Elle repose sur des modalités variées, telles que des évaluations continues, des travaux personnels, des projets collectifs. Ces évaluations sont consignées dans le Livret Scolaire Unique (LSU) qui permet d'assurer la cohérence de l'évaluation et le suivi des élèves à travers les établissements. Le LSU facilite également la communication entre les enseignants, les parents et les élèves, en fournissant un aperçu clair et structuré des progrès des élèves (MEN, 2016).

2.2. Définitions et repères d'acquisition

En psychologie des apprentissages, tous les apprentissages scolaires sont considérés comme un processus dynamique et complexe mettant en jeu des éléments d'ordre cognitif, métacognitif, motivationnel et émotionnel ; éléments qui sont en interactions réciproques et de façon continue (Crahay et al., 2015). Prokofieva et Herold (2020) rappellent que les

apprentissages scolaires sollicitent chez l'enfant trois ensembles de facteurs : les facteurs cognitifs, conatifs et affectifs. Les facteurs cognitifs concernent les connaissances et les processus mentaux qui permettent à un individu d'acquérir, de traiter, de stocker et d'utiliser des informations ou des connaissances, notamment dans la prise de décision ou la résolution de problèmes. Les facteurs conatifs sont d'ordre motivationnel, liés au but à accomplir et renvoient à l'estime de soi, au sentiment d'efficacité personnelle, et d'apprentissage. Les facteurs affectifs relèvent des émotions ressenties par l'individu et susceptibles d'affecter son comportement (plaisir, joie, tristesse). Par ailleurs, les apprentissages scolaires nécessitent le traitement parallèle de plusieurs informations et plus largement de plusieurs types de connaissances provenant de deux modes d'apprentissages : l'apprentissage implicite ou explicite. L'apprentissage implicite fait référence aux apprentissages qui se produisent de façon spontanée, sans effort ni intention particulière d'apprendre et souvent sans même la conscience d'avoir appris quelque chose. L'exemple prototypique pourrait être l'apprentissage de la langue maternelle. Au contraire, les apprentissages explicites proviennent de l'apprentissage formel, dans des situations pédagogiques prévues pour cela. On y retrouve tant les apprentissages liés à une pratique sportive, musicale que l'expérience scolaire (Pacton & Perruchet, 2018).

2.2.1. Les prérequis relatifs aux apprentissages scolaires

Avant l'entrée à l'école, plusieurs compétences précoces ou prérequis ont été identifiés comme nécessaires aux apprentissages et prédictifs du niveau ultérieur de réussite scolaire (Tableau 4). L'ensemble de ces compétences, que l'enfant devrait pouvoir développer avant son entrée à l'école, sont elles-mêmes dépendantes de l'environnement, incluant le SES des parents, leur niveau d'éducation ou les pratiques éducatives parentales (Duru-Bellat, 2008; Feyfant, 2011; Hattie, 2010; Kriegbaum et al., 2018; Murat, 2009; Nieuwenhuis & Hooimeijer, 2016; Sirin, 2005). En effet, Ces

compétences précoces sont sollicitées et se développent régulièrement de manière implicite dans les interactions avec les jeux, les échanges et les discussions au sein de l'univers familial.

Un ouvrage, intitulé *Visible learning: a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*, montre à lui seul l'ampleur et la vitalité des recherches autour de ces questions (Hattie, 2010). L'auteur y répertorie et synthétise plus d'une centaine de critères susceptibles d'influencer les apprentissages ou les pratiques enseignantes, répartis en six grands domaines : l'enfant, la maison, l'école, le programme scolaire, l'enseignant et les pratiques pédagogiques. Parmi ces prédicteurs, les compétences cognitives dont l'intelligence ou l'attention sont classiquement mises en évidence comme favorisant les apprentissages et la réussite scolaire (Geary et al., 2007; Hattie, 2010; Horn & Packard, 1985). L'ensemble de ces recherches ont également porté sur l'impact des comportements (internalisés et externalisés), des motivations (intrinsèques [fait de s'engager dans une activité pour elle-même et pour le plaisir] et extrinsèques [fait de faire quelque chose pour ses conséquences comme l'obtention d'une récompense ou évitement d'une sanction]) et des attitudes en classe, qui montrent plusieurs prédicteurs propices aux apprentissages et à la réussite scolaire (Hattie, 2010; Kriegbaum et al., 2018; Malecki & Elliott, 2002; B. J. Zimmerman, 1990).

Tableau 4: Compétences nécessaires aux apprentissages et prédictives de la réussite scolaire

Transversales	Langage oral	La compréhension d'histoire lues ou racontées (Lepola et al., 2016; Verhoeven & van Leeuwe, 2008) ; la connaissance et la compréhension des concepts et vocabulaire en mathématiques (Lafay et al., 2023; Vergnaud, 1991).
	Étendue et richesse du vocabulaire	Se retrouve dans l'ensemble des apprentissages (Hart & Risley, 2003; Lafay et al., 2023; Muter et al., 2004)
Lecture et Orthographe	Compréhension du principe alphabétique	Comprendre que les mots écrits sont composés de lettres qui forment les unités linguistiques élémentaires distinctives des mots oraux, les phonèmes (Ecalte et al., 2007).
	Connaissance des lettres et de l'alphabet	Serait un des meilleurs prédicteurs des capacités de lecture ultérieures (Caravolas et al., 2001; Ecalte et al., 2007).
	Déduire la régularité orthographique de la langue	Inférer la suite de lettres la plus probable à l'écrit. Par ex., le logatome <i>bummor</i> est plus plausible en français que <i>bumorr</i> (Ecalte et al., 2007).
	Habilités phonologiques	Comprend les dimensions de conscience, de discrimination et de segmentation phonologique. Capacité de manipuler le langage oral pour différencier <i>bol</i> de <i>vol</i> par exemple (Bosse & Zagar, 2016; Siegel, 1993; Sprenger-Charolles et al., 2018)
	Conscience morphologique	Compréhension et capacité à manipuler les unités morphologiques de la langue (Duke & Cartwright, 2021; Ecalte et al., 2007).
Mathématiques	Subitizing	Discrimination des petits ensembles sans comptage (constellations du dé par exemple) (Bideaud et al., 2007; Purpura et al., 2017)
	Compréhension des notions de « plus » et de « moins »	Reliée aux compétences langagières (Bideaud et al., 2007; Vergnaud, 1991).

Les compétences précoces et les prédicteurs de la réussite scolaire sont donc déterminés par un ensemble complexe de facteurs en interaction. À partir de ceux-ci, les savoirs et apprentissages vont être proposés graduellement et progressivement par les enseignants au cours de l'apprentissage formel.

2.2.2. Présentation et repères d'acquisition des savoirs scolaires

Contrairement au langage oral, l'apprentissage du langage écrit relève d'une démarche nécessairement formelle, explicite et volontaire et est, chez l'enfant, un processus dynamique résultant de l'interaction entre des facteurs cognitifs, linguistiques et environnementaux. L'acte de lire nécessite l'association des phonèmes (plus petites unités de sons distinctives), des graphèmes (lettres ou groupes de lettres transcrivant un phonème) et repose classiquement sur deux composantes majeures que sont l'identification des mots écrits et la compréhension (Gough & Tunmer, 1986; Tunmer & Chapman, 2012). Si la

première est spécifique à la lecture, la seconde relève de processus généraux et non spécifiques (Dehaene et al., 2011; MEN, 2021). La lecture est régulièrement caractérisée par trois compétences distinctes et interdépendantes : le décodage, la fluence et la compréhension. Le décodage réfère au processus cognitif par lequel un lecteur identifie et prononce les mots écrits en associant les graphèmes à leurs correspondances phonologiques. La fluence renvoie à la vitesse et l'efficacité avec lesquelles sont lus les mots et serait déterminante dans les processus de compréhension en lecture. La compréhension en lecture est à la capacité à mettre en sens les informations déchiffrées en amont (Dehaene et al., 2011; Spiegel et al., 2021). Ces trois compétences se mettent en place progressivement de manière interdépendante. Schématiquement, au cours de l'apprentissage et avec la répétition, la charge cognitive induite par le décodage tend à diminuer et l'identification des mots se fait de plus en plus rapidement et efficacement. La fluence est donc améliorée. Cela est possible par la mise en place progressive de la voie lexicale (voie directe pour les mots familiers ; la forme écrite du mot est associée directement à la représentation orthographique correspondante stockée en mémoire) plutôt que la voie grapho-phonologique (voie indirecte ; conversion systématique graphème-phonème). L'automatisation du décodage allège alors la MT pour allouer plus de ressources cognitives aux processus de compréhension de la phrase ou du texte lu (Bianco, 2016; Duke & Cartwright, 2021; Ecalle et al., 2007; Ehri, 2005; MEN, 2021; Sprenger-Charolles et al., 2018). Savoir lire implique la coordination, c'est-à-dire le traitement en parallèle de différents types de connaissances : correspondances grapho-phonologiques, orthographe, morphologie, syntaxe. Comprendre un texte nécessite d'identifier les mots, de maîtriser l'organisation en phrases puis en paragraphes, ce qui implique la mobilisation des capacités textuelles et la compréhension des inférences et des chaînes anaphoriques (Crahay et al., 2015).

L'apprentissage formel commence par l'apprentissage de l'alphabet et du son des lettres (phonologie), la combinatoire de lettres, lecture de digrammes et trigrammes, de mots puis de phrases et enfin de textes. À mesure de l'avancée dans la scolarité, les textes s'allongent et se complexifient (vocabulaire, nombre de personnages impliqués, inférences). Enfin, alors qu'elle est un objet d'étude strict au cycle 2 et que l'enfant lit pour lire, la lecture devient, à partir du cycle 3, davantage un support et un vecteur d'apprentissage (MEN, 2019, 2021, 2022). L'enfant doit alors lire pour apprendre dans les différents domaines. Au cours du cycle 2, la progression attendue est que l'enfant parvienne à lire correctement 50 mots par minute en fin de CP, puis 70 mots en fin de CE1 et 90 mots en fin de CE2 (MEN, 2022c). Durant le cycle 3, il est attendue une lecture correcte de 110 mots par minute en fin de CM1, 120 mots en fin CM2 et 130 mots par minute en fin de 6^e (MEN, 2022d).

Le terme *orthographe* renvoie au système de règles qui concerne l'écriture, de la langue considérée alors comme la seule conventionnelle et correcte (Duchesne & Piron, 2015). Le système orthographique français est reconnu comme l'un des plus complexes et se base sur une multitude de compétences, phonologiques, lexicales et syntaxiques (Alegria & Mousty, 1996; Brissaud, 2011; Pérez, 2014).

Intimement liés à celui de la lecture, les apprentissages de l'écriture et de l'orthographe sont concomitants et reprennent les mêmes prérequis et compétences précoces (MEN, 2021; Treiman & Bourassa, 2000 et voir Tableau 4) et une relation bidirectionnelle semblerait se dégager (Bianco, 2016). Toutefois, l'orthographe est reconnue plus complexe que la lecture d'une part du fait de la nature de la tâche qui nécessite des mécanismes de rappel quand la lecture repose sur la reconnaissance et, d'autre part, parce que de nombreux phonèmes peuvent être transcrits de multiples façons pouvant générer de nombreuses ambiguïtés. Ainsi, le son /ã/ peut se transcrire *en*, *em*, *an*, *am*, le son /o/, *au*, *o*, *eau*, *ot* ; la présence régulière de lettres muettes (*crapaud*, *toujours*) induit une multitude d'orthographe

possibles. À titre d'exemple, le mot « manteau » aurait pu s'écrire *mento*, *mantot*, *mentau*, *menteau* (Pacton et al., 2005). L'orthographe peut se caractériser par plusieurs sous-domaines qui sont complémentaires et maîtrisés progressivement par les enfants. L'orthographe *phonologique* correspond à la transcription phono-graphémique des sons entendus. L'enfant utilise ses connaissances alphabétiques et phonémiques pour orthographier tous types de mots (*krapo* pour crapaud), donnant lieu à des erreurs pour les mots irréguliers ou inconsistants (*fame* pour femme ; *chèse* pour chaise). L'orthographe *lexicale* concerne l'écriture correcte des mots hors contexte et les mots invariables. Cet apprentissage s'effectuerait implicitement et serait notamment lié aux habiletés de décodage phonologique et à la fréquence de rencontre des mots en lecture, en particulier pour les mots irréguliers (femme, oignon, monsieur) (Fayol, 2006; Pacton & Afonso-Jaco, 2015). L'orthographe *morphosyntaxique* ou *grammaticale* se réfère à l'ensemble des inflexions de la langue pour caractériser le genre, le nombre ou la conjugaison des verbes (Duchesne & Piron, 2015; Treiman & Bourassa, 2000). Cet apprentissage dépendrait à la fois de la mémorisation de formes lexicales spécifiques et de l'apprentissage formel car de nombreux marqueurs grammaticaux n'ont pas de correspondances phonologiques (e.g., la poule picore / les poules picorent) ou sont uniquement portés par les déterminants (Mussar et al., 2020). La qualité orthographique augmenterait rapidement à partir du CE1 et la progression durerait jusqu'en 4^e et 3^e (Alegria & Mousty, 1996; Brissaud, 2011; MEN, 2019). Du fait de sa complexité et des multiples facteurs en jeu, l'apprentissage de l'orthographe apparaît régulièrement implicite et transversal sur le terrain. En complément de séances dédiées, il s'agit de mettre l'élève en situation d'écriture (copie, dictée, rédaction) dans tous les domaines d'enseignement pour susciter l'appropriation des différentes règles et des subtilités linguistiques (MEN, 2019, 2021). Ainsi, l'orthographe apparaît comme une composante de

l'écriture parmi d'autres et parfois même au second plan d'activités de lecture ou d'écriture-rédaction (Brissaud, 2011; Chiss & David, 2012).

Le terme de *mathématiques* englobe une multitude de domaines tels que les nombres et les calculs, l'algèbre, la géométrie, les grandeurs et les mesures, l'analyse de données et la résolution de problèmes ou encore les probabilités (Spiegel et al., 2021). L'ensemble de ces domaines est amené à être étudiés au fil de la scolarité à partir du cycle 1. Les jeux, les activités de manipulations et les interactions verbales avec les adultes et les pairs jouent un rôle essentiel dans le développement des compétences numériques et spatiales (Levine et al., 2012). L'accès aux processus mathématiques passe en premier lieu par des jeux avec les formes et les couleurs, les puzzles, les jeux de logique algorithmique (Dehaene et al., 2021; MEN, 2023). Il s'agit également de développer les concepts de quantité et de dénombrement pour que la reconnaissance des petits ensembles se mette progressivement en place (constellations du dé, comparaison d'ensembles). Avec l'appui du langage oral, le système de numération et de comptage (comptage un à un) et l'établissement des liens entre chaque mot numérique et sa quantité (notion de cardinalité) prend forme (Purpura et al., 2017). Les supports pédagogiques apparaissent particulièrement importants à ces stades de développement des compétences (Clements & Sarama, 2007).

Le développement des apprentissages mathématiques se poursuit pour passer du concret à l'abstrait, d'une forme non symbolique à une forme symbolique. La connaissance des quantités et du sens donné aux chiffres se développe rapidement à partir de 5 ans. Jusqu'alors inférieurs à 10, l'accès aux nombres plus grands, jusqu'à 100 vers 7 ans, permet ensuite l'accès aux *grands nombres* (supérieurs au millier), aux nombres décimaux et aux fractions (à partir de 10-11 ans et jusqu'à l'âge adulte) et aux concepts algébriques (Geary, 2011; Siegler & Lortie-Forgues, 2014). Il apparaît que la maîtrise progressive des principes de comptage, de cardinalité et d'opérations numériques est sensible à la culture et au

contexte. De plus, le langage oral reste également un support important des apprentissages des concepts complexes comme les fractions (Chow & Jacobs, 2016; Hattie, 2010; Sander et al., 2022). Le développement de ces compétences numériques débute dès le CP tout comme le travail de la résolution de problème, qui mobilise également des compétences annexes (maîtrise du langage oral et/ou écrit, établissement et réalisation de stratégies de résolution), et se poursuit graduellement (en apportant davantage d'abstraction) jusqu'au cycle 4 (MEN, 2021a, 2021c, 2022b).

2.3. Évaluation des apprentissages scolaires

La question de l'évaluation des apprentissages est centrale en éducation. Pronostique, formative, ou encore sommative-certificative, l'évaluation fait partie intégrante de la vie scolaire de l'enfant. En pouvant être un soutien à l'apprentissage ou au contraire témoigner des acquisitions, les résultats aux évaluations deviennent alors des signes d'appel ou de possibles critères diagnostiques dans la pratique clinique. Toutefois, une contrainte majeure existe, au quotidien, pour qualifier la *difficulté scolaire*. Il ne semble pas exister de critères stricts pour la définir au sein de l'Éducation Nationale. Si l'institution scolaire a procédé à une définition des compétences attendues en fin de classe et de cycle, elle n'a pas pour autant défini de compétences minimales à atteindre (Berzin & Brisset, 2008). Dans la pratique, un élève peut être considéré en difficulté dès lors qu'il n'atteint pas, pour au moins une compétence évaluée, le niveau de maîtrise satisfaisant attendu (Chiss & David, 2012). Par ailleurs, ces évaluations prenant racine dans « le quotidien », elles deviennent alors particulièrement subjectives et dépendantes de l'enseignant, du contexte de l'école et du groupe classe spécifique à chaque élève (Bressoux & Pansu, 2003; Éduscol, 2016b; Merle, 1998). Toutefois, des standards minimaux existent et ont été objectivés et définis pour les évaluations nationales et la détermination de groupe d'élèves *fragiles* ou *à besoin* (voir Miconnet & Vourc'h, 2015, pour une description complète).

2.3.1. L'importance des tests basés sur la performance

Un certain nombre de tests de repérage sont disponibles pour les enseignants et enseignants spécialisés (notamment les outils du groupe CogniSciences ou de « Lire et Écrire au CP » pour la lecture et l'orthographe), et malgré le bien fondé des épreuves proposées, les étalonnages et qualités métrologiques restent discutables et/ou commencent à dater pour certains outils. Toutefois, des outils psychométriques standardisés basés sur la performance (c'est-à-dire des évaluations qui portent sur la précision, le temps de réponse et/ou la validité des réponses dans un temps limité) existent mais sont difficilement disponibles aux enseignants. C'est le cas par exemple des batteries BMT-i ou EPOCY 2-3. Ces tests sont davantage destinés aux médecins (notamment scolaires), aux orthophonistes ou aux psychologues dans des visées de dépistage ou de diagnostic. La médecine scolaire joue à ce titre un rôle essentiel dans l'évaluation, le repérage des difficultés et des facteurs de risques ainsi que dans l'accompagnement des troubles. Le médecin scolaire participe notamment à la mise en place des plans d'accompagnement personnalisé et au suivi des plans personnalisés de scolarité (HAS, 2020; MEN, 2015).

Que l'on soit dans des démarches de dépistage (c'est-à-dire de repérage des difficultés, des facteurs de risques) ou dans une visée diagnostique (identification précise des processus déficitaires et préservés), l'évaluation des savoirs scolaires reposent quasi exclusivement sur l'utilisation des tests standardisés basés sur la performance par les professionnels. Le Tableau 5 regroupe quelques-uns des outils disponibles en France et des types d'épreuves proposées pour l'évaluation des savoirs scolaires par les professionnels.

Tableau 5: Exemple d'outils et pour l'évaluation des apprentissages scolaires en français destinés aux professionnels

Tests classiquement proposés dans la littérature	
Lecture	Accès aux voies d'adressage et d'assemblage (ALOUETTE-R ; TIMÉ 3 ; EVALEO 6-15). Évaluation de la compréhension par des questionnements ou désignation d'images (LMC-R ; ECOSSE).
Orthographe	Épreuve de dictée de lettres, logatomes, mots (réguliers et irréguliers) ou phrases (EPOCY 2-3, L2MA-2 ; EXALANG 5-8, 11-15). Évaluation de l'orthographe phonologique, lexicale et grammaticale (BMT-i)
Mathématiques	Tâches de lecture et dictée de nombre, dénombrement, calcul mental, résolution de problème (BMT-i ; EPOCY 2-3 ; TEDI-Maths ; ZAREKI-R, Examath 8-15)
Batterie	Échelles dites « globale » permettant l'évaluation des différents domaines (BMT-i ; EPOCY 2-3)
Questionnaire	Échelles d'évaluation des apprentissages scolaires à remplir par les enseignants (GSA)

L'évaluation de la lecture porte notamment sur les processus de décodage par le biais de différents types de tâches : lecture à voix haute de logatomes, de syllabes, de mots (réguliers et irréguliers), de phrases ou de textes. Il peut également s'agir de lecture silencieuse en contexte imagé (associer un mot avec une image) ou des tâches de catégorisation sémantique (associer deux mots écrits qui sont dans le même champ sémantique) (Écalle, 2010). La fluence est évaluée par la mesure des vitesses de lecture de mots et de logatomes (qui permettent d'accéder aux deux voies de lecture), ou de textes pour caractériser une maîtrise de la précision et de l'automatisme des processus de décodage (Godde et al., 2021). La compréhension est préférentiellement évaluée à partir de textes narratifs plutôt que de textes documentaires (contenu et structuration mieux connus et maîtrisés par les enfants). Deux types de mesure cohabitent : les mesures dites « on-line » et « off-line ». Les mesures « on-line » permettent d'évaluer la dynamique des processus de compréhension alors que le texte est en cours de traitement. Il s'agit alors de mesures de temps (temps de lecture, de décision ou de reconnaissance). Les mesures « off-line » renvoient aux mesures réalisées après la lecture, qui évaluent la capacité du lecteur à accéder ou se référer à la représentation du texte construite et stockée en mémoire. Si l'on s'intéresse plus précisément à ce dernier type d'évaluation, les tâches proposées portent principalement sur la compréhension au niveau du mot, de la phrase et plus rarement du texte (Potocki et al., 2014). L'enfant doit alors désigner parmi plusieurs images, celle qui correspond à ce

qu'il a lu. Pour l'évaluation à partir de textes, les questionnements portent sur la capacité de l'enfant à produire des inférences reflétant des niveaux de compréhension de plus en plus complexes et est évaluée par des questions (orales ou écrites) à choix multiples ou ouvertes (Écalte, 2010; Potocki et al., 2014).

Les évaluations de l'orthographe sont généralement une transposition de celles de lecture et en reprennent les fondements. Elles portent sur des épreuves de dictée de sons, de syllabes, de logatomes, de mots (réguliers [moto, poire, école] et irréguliers [printemps, septième, clef] ; fréquents ou peu fréquents) et de phrases (par exemple dans l'ODEDYS [Jacquier-Roux et al., 2005] ou la BMT-i [Billard et al., 2019]) (Mireille et al., 2018). Par la dictée de mots réguliers et de logatomes, il est recherché l'évaluation des procédures de conversion phonèmes-graphèmes et de la voie lexicale pour les mots irréguliers. La dictée de phrases permet d'évaluer les trois composantes orthographiques (phonologique, lexicale et grammaticale) simultanément (par exemple BMT-i). Certains tests proposent des tâches de closure (de texte de ou phrases) permettant d'évaluer simultanément les connaissances lexicales et grammaticales (Mireille et al., 2018).

La diversité des processus mathématiques induit de nombreuses épreuves d'évaluation possibles. Quelques batteries de tests sont spécialisées comme Tedi-math (van Nieuwenhoven et al., 2001) et Tedi math Grand (Noël & Grégoire, 2015) et d'autres intègrent plusieurs subtests d'évaluation comme la BMT-i (Billard et al., 2019). Concernant les enfants les plus jeunes et pour évaluer les compétences numériques de base, des épreuves impliquant le subitizing, la comparaison de collections et la comparaison de chiffres arabes peuvent être proposées. Afin de s'assurer de la représentation du nombre, les épreuves prévoient également la lecture et la dictée de nombres de difficulté croissante selon l'âge. Pour s'assurer de l'automatisation des processus de calcul, le calcul mental ou des calculs posés sur les quatre opérations sont également régulièrement prévues. Ces calculs peuvent

se faire sous contrainte temporelle (le plus possible de calculs simples en un temps limité) ou non (pour des calculs plus complexes). La résolution de problèmes permet d'approcher des processus plus complexes impliquant le choix d'une opération à partir d'informations orales. Concernant les savoirs géométriques, la batterie Tedi-math propose une échelle de géométrie permettant notamment vérifier la connaissance du vocabulaire géométrique (ex. : losange, périmètre), la conversion d'unités de mesures, les calculs de périmètre, d'aires, ou de volumes (Noël, 2020).

2.3.2. Apports des indicateurs scolaires par les enseignants

À notre connaissance, il n'existe pas en langue française de questionnaires ou d'échelles psychométriques standardisés permettant spécifiquement une évaluation des apprentissages scolaires via les enseignants. Cependant, il existe en France des outils qui interrogent le devenir et les compétences scolaires. Le Global School Adaptation (GSA) (Boussicault et al., 2013), par exemple est un questionnaire complété par les enseignants, qui comporte plusieurs questions sur les apprentissages en classe. À l'échelon international et en langue anglaise, le Teacher's Academic Achievement Scale (Wolke et al., 2002) ou le Five to Fifteen (Kadesjö et al., 2004), sont des outils standardisés qui peuvent être utilisés dans certaines études consacrées aux TA.

L'utilisation des bulletins de notes et des appréciations des enseignants peut se révéler utiles pour approcher de manière plus écologique les savoirs scolaires. Dans le contexte français, en étant renseigné périodiquement par l'enseignant/les professeurs, le LSU fournit un indicateur évaluatif qui apparaît pertinent et complémentaire des épreuves plus traditionnelles basées sur la performance (Guimard et al., 2007). En effet, à travers les bilans périodiques ou les bilans de fin de cycle (voir en annexe 1, p.339), qui offrent des indices répétés dans le temps, le LSU permet de rendre compte des évolutions des élèves face aux apprentissages durant plusieurs semaines. Toutefois, cet indicateur de réussite

scolaire contient un certain nombre de simplifications. Ainsi, tel que le prévoit l'Arrêté du 31 décembre 2015 (2016), le LSU suppose une restitution synthétique et un positionnement par domaine d'enseignement qui ne permet pas d'atteindre les niveaux de précision des tests basés sur la performance. Dans les bilans périodiques, les progrès sont renseignés selon quatre indicateurs qualifiant les objectifs d'apprentissage « Non Atteints, Partiellement Atteints, Atteints, Dépassés ». Pour les bilans de fin de cycle, il est indiqué le niveau de maîtrise selon une échelle à quatre niveaux : maîtrise « Insuffisante, Fragile, Satisfaisante ou Très bonne maîtrise » (Éduscol, 2023). De plus, malgré l'intérêt de cette synthèse, le LSU reste par définition subjectif. Il est largement admis que les évaluations des enseignants ne portent pas exclusivement sur les performances des élèves, mais sont influencées par des éléments tels que la sensibilité de l'enseignant (volonté de valorisation, attentes et niveau d'exigence), le contexte de l'école (rurale, urbaine, classée en réseau d'éducation prioritaire) ou encore le niveau général de la classe (Bressoux & Pansu, 2003; Daussin et al., 2010; Merle, 1998).

Lors de recherches en sciences de l'éducation, en psychologie ou dans le cadre des suivis de santé, cette utilisation conjointe de tests basés sur la performance et des indicateurs de réussite scolaire issus de la vie quotidienne et menés par les enseignants pourrait davantage rendre compte des difficultés rencontrées par les enfants, en particulier dans des contextes cliniques tels que la prématurité.

2.4. Des difficultés scolaires caractéristiques de la prématurité ?

Dans le contexte de la prématurité, les difficultés d'apprentissages représentent une part importante des répercussions à long terme rencontrées chez les enfants, y compris indemnes de troubles neurologiques précoces. Un large consensus est présent dans la

littérature et plusieurs méta-analyses rapportent des difficultés dans l'ensemble des domaines scolaires évalués (lecture, orthographe, mathématiques ; voir Tableau 6).

2.4.1. Des résultats contrastés en lecture

À partir d'évaluations basées sur la performance, il est régulièrement mis en évidence des difficultés en lecture chez les enfants nés prématurés. Les méta-analyses rapportent des tailles d'effets modérées à fortes (Tableau 6) dans les différentes dimensions de la lecture (décodage, fluence et compréhension). Il reste parfois complexe de séparer ces compétences car les scores sont régulièrement rapportés sous forme de notes composites et montrent des résultats plus faibles que leurs pairs nés à terme (Costa et al., 2017; Grunau et al., 2004; Hollebrandse et al., 2020; Johnson et al., 2016; Loe et al., 2012; Simms et al., 2013). Toutefois, d'autres études montrent des performances similaires (Rickards et al., 2001; Sullivan et al., 2012). Concernant les compétences de décodage, les résultats apparaissent partagés avec plusieurs échantillons présentant des résultats plus faibles par rapport au groupe né à terme (Heeren et al., 2017; Joseph et al., 2016; Litt et al., 2012; Taylor et al., 2018) tandis que d'autres études ne montrent pas de difficultés (Bucci et al., 2020; Frye et al., 2009; Rose et al., 2011; Taylor et al., 2019). Une explication pourrait venir des épreuves proposées, car par exemple Guarini et al. (2019) retrouvent des résultats similaires pour tous les enfants lors de la lecture de mots isolés alors que des résultats plus faibles sont présents lors du décodage de textes pour les enfants nés prématurés. Ces difficultés liées au texte peuvent par ailleurs se retrouver au niveau de la fluence où les enfants nés prématurés sont plus lents. Plusieurs autres études constatent également plus de lenteur dans la lecture (Bucci et al., 2020; Rose et al., 2011; van Houdt, van Wassenae-Leemhuis et al., 2019). Concernant la compréhension de phrases ou de textes, des résultats plus faibles chez les enfants nés prématurés sont généralement mis en évidence (Clark & Woodward, 2015; Guarini et al.,

2019; Twilhaar et al., 2020; Woodward et al., 2016) même si Bucci et al. (2020) avaient obtenu des résultats similaires entre leurs échantillons.

À partir d'indicateurs de réussite scolaire et en particulier des questionnaires renseignés par les enseignants, plusieurs études mettent en avant des résultats plus faibles des enfants nés prématurés comparés à leurs pairs nés à terme (Farooqi et al., 2013, 2016; Johnson et al., 2011; Marlow et al., 2007; Mulder et al., 2010; Wong et al., 2014). Toutefois, les enfants nés prématurés évalués par Dai et al (2020) ne montraient pas de différences de résultats en lecture dans les évaluations faites par les enseignants.

Il convient tout de même de noter que les difficultés rapportées l'étaient majoritairement à partir d'évaluations en langue anglaise, qui est reconnue pour être opaque et irrégulière phonologiquement. Toutefois, des difficultés similaires ont pu être rencontrées à partir d'évaluations en italien qui est une langue régulière et transparente phonologiquement (Bucci et al., 2020; Guarini et al., 2019). Ces derniers résultats peuvent suggérer des difficultés de mise en place et de consolidation des processus de lecture inhérentes à la prématurité.

2.4.2. Des difficultés globales en orthographe

Les évaluations de l'orthographe sont moins fréquentes que celles de la lecture et des mathématiques. Les méta-analyses rapportent des tailles d'effets modérées (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009 ; Allotey et al., 2018 ; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018 ; voir Tableau 6) mettant en évidence des difficultés globales en orthographe. S'il apparaît que les enfants nés prématurés ont des résultats plus faibles que les groupes contrôles nés à terme (Clark & Woodward, 2015; Joseph et al., 2016; Twilhaar et al., 2020; Woodward et al., 2016), plusieurs études montrent au contraire des résultats similaires (Bucci et al., 2020; Guarini et al., 2019; Rickards et al., 2001; Taylor et al., 2019). Ainsi, Guarini et al. (2019) rapportent des résultats plus faibles dans l'orthographe de non-mots, c'est-à-dire sur les processus de conversion phonèmes-graphèmes, mais qui ne semblaient pas se répercuter sur les tâches d'écriture de mots ou de phrases. À partir des bulletins scolaires rempli par les enseignants, Dai et al. (2020) relève 42% en difficultés chez les enfants nés prématurés contre 26% pour les données normatives.

Les difficultés en orthographe, à l'âge de 10 ans, d'enfants nés prématurés italiens (difficultés plus modérées que pour les études anglophones ; Guarini et al., 2019) conduit à interroger plus encore l'impact de la prématurité sur les processus d'accès à la conscience phonologique et à la conversion phono-graphémique pourtant censées être facilitées par la transparence et la régularité orthographique de la langue.

2.4.3. Un profil mieux identifié en mathématiques

Plus largement évalués, l'effet de l'impact de la prématurité sur le développement des compétences mathématiques a fait l'objet de plusieurs méta-analyses dans lesquelles des tailles d'effets modérées sont rapportées (voir Tableau 6). D'une manière générale, des résultats plus faibles sont rapportés par les notes composites (Costa et al., 2017; Grunau et

al., 2004; Rickards et al., 2001; Simms et al., 2013, 2015), en calcul (Clark & Woodward, 2015; Heeren et al., 2017; Joseph et al., 2016; Pritchard & Woodward, 2011; Simms et al., 2015; Taylor et al., 2018; Twilhaar et al., 2020; Woodward et al., 2016) ou en résolution de problème (Guarini et al., 2019; Libertus et al., 2017; Rose et al., 2011; Tatsuoka et al., 2016; Taylor et al., 2018) et ce dès le plus jeune âge (Hasler & Akshoomoff, 2019). Cependant, certaines études montrent des résultats similaires pour le groupe d'enfants prématurés face au groupe contrôle d'enfants nés à terme, notamment en calcul mental lorsque les processus en jeu sont plus simples (Bucci et al., 2020; Guarini et al., 2019; Rose et al., 2011; Taylor et al., 2019; van Houdt, van Wassenaeer-Leemhuis et al., 2019).

Des difficultés en mathématiques sont également mises en évidence lorsque les enseignants renseignent des questionnaires ou bulletins scolaires (Dai et al., 2020; Johnson et al., 2011; Marlow et al., 2007; Mulder et al., 2010; Wong et al., 2014). Sur l'ensemble de ces mesures, les enseignants indiquent des notes entre 31% et 50% inférieures à la moyenne (Dai et al., 2020; Johnson et al., 2011; Mulder et al., 2010) et jusqu'à 27% très en dessous de la moyenne (Mulder et al., 2010).

2.4.4. Quels impacts des facteurs périnataux et socio-démographiques ?

Il apparaît que les déficits sont d'autant plus importants que l'AG (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018) et le PN (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020) sont faibles pour la lecture et les mathématiques, mais pas pour l'orthographe (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009 ; $r = .43$). Une large étude de population rapportant les résultats de plus de 28000 enfants aux épreuves nationales (lecture, écriture, orthographe, grammaire et en numératie)

mettait également en évidence l'effet de l'AG sur ces compétences scolaires (Searle et al., 2017). Les enfants nés prématurés entre 23 et 31 SA montraient des risques relatifs (ajustés avec les variables confondantes) par rapport aux enfants nés à 40 SA de 1,33 (IC à 95% : 1,13 ; 1,58) pour le calcul à 1,84 (IC à 95% : 1,48 ; 2,30) pour l'écriture. Pour les enfants prématurés entre 32 et 36 SA, le risque allait de 1,11 (IC à 95% de 0,97 ; 1,26) pour l'écriture à 1,18 (IC à 95% de 1,09 ; 1,29) pour la lecture.

De plus, l'âge d'évaluation ne semble pas avoir d'effet significatif sur les résultats (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; de Jong et al., 2012; Kovachy et al., 2015; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018), suggérant une persistance dans le temps des difficultés. Aussi, malgré les progrès constants des prises en soin périnatal, ces difficultés apparaissent relativement indépendantes des progrès médicaux et notamment des apports de la corticothérapie et des surfactants (Cheong et al., 2017; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018).

Par ailleurs, les SES des parents impactent les résultats scolaires. Ainsi, par rapport à leurs pairs dont les parents ont un SES élevé, les enfants nés prématurés issus de familles avec un faible SES avaient 41% de difficultés en lecture (contre 14%), 54% en orthographe (vs 28%) et 64% en mathématiques contre 33% (Dai et al, 2020). Van Houdt et al. (2019) ont également mis en évidence que le fait d'avoir deux parents avec un niveau d'étude élevé plutôt qu'un seul impactait fortement le niveau en mathématique (+ 26,9 points ; $d = 0,57$) mais pas celui en lecture (+ 6 points ; $d = 0,30$).

Le retentissement des difficultés scolaires se matérialise également dans les besoins d'accompagnement éducatif adapté et spécialisé à l'école (*Special Educational Needs* – SEN). Selon les études, entre 20 et 70% des enfants prématurés ont des SEN, contre 0 à 20 % environ pour les enfants nés à terme (Aylward, 2002; de Jong et al., 2012; Rodrigues et al., 2006; Tatsuoka et al., 2016). De manière convergente, Twilhaar et al. (2018) ont rapporté

environ trois fois plus de besoins d'accompagnement éducatif pour les enfants prématurés par rapport à leurs pairs nés à terme (rapport de risque RR : 2,85, IC 95% : 2,12 ; 3,84).

2.5. Synthèse

En France, le Socle Commun de Connaissances, de Compétences et de Culture regroupe l'ensemble des connaissances, compétences et attitudes que les élèves doivent s'approprier au cours de leur scolarité obligatoire. Le développement des apprentissages scolaires est complexe, progressif et dépendant de très nombreux facteurs environnementaux (Hattie, 2010; Nieuwenhuis & Hooimeijer, 2016; Sirin, 2005), (Kriegbaum et al., 2018; Malecki & Elliott, 2002; B. J. Zimmerman, 1990) et cognitifs (Geary et al., 2007; Horn & Packard, 1985).

Dans le cadre de la prématurité, les résultats de plusieurs méta-analyses mettent en évidence des difficultés dans tous les domaines d'apprentissage scolaire (lecture, orthographe et mathématiques), avec des tailles d'effets modérées à fortes pour la lecture, et fortes pour l'orthographe et les mathématiques (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). Les difficultés apparaissent plus importantes à mesure que l'AG et le PN diminuent pour la lecture et les mathématiques mais resteraient indépendantes de ces facteurs pour l'orthographe. Par ailleurs, le SES des parents serait un facteur de protection du développement des difficultés scolaires. Enfin, lorsque des retards sont identifiés, ils resteraient stables dans le temps.

Activité aux interfaces multiples, les apprentissages scolaires sollicitent notamment des compétences d'organisation, de mémorisation et de régulation comportementale. Les FE ont été identifiées comme étant associées et prédictives de la réussite scolaire ultérieure (Bull

& Scerif, 2001), aussi dans la prochaine partie nous allons nous intéresser plus précisément à définir ces compétences de haut niveau. Nous détaillerons le développement et les différentes composantes impliquées. Nous évoquerons les difficultés liées à leurs évaluations et étudierons l'impact d'une naissance prématurée sur leur développement.

3. LES FONCTIONS EXECUTIVES

3.1. Développement et modélisation théorique des fonctions exécutives

Le terme *fonctions exécutives* est une dénomination générique qui englobe une multitude de concepts. Les FE regroupent l'ensemble des processus de contrôle et des habiletés neurocognitives de haut niveau qui sont impliqués dans la résolution de problème, le contrôle de la pensée, du comportement et des émotions et qui permettent de diriger l'action de manière autonome vers un but (Anderson, 2002; Anderson et al., 2001). Impliquées dans les activités non routinières, les FE mobilisent des processus de contrôle ("top-down") pour lesquels s'appuyer sur des réponses intuitives, instinctives (dites "bottom-up") serait insuffisant ou contre-productif (Carlson et al., 2013; Diamond, 2013; Lehto et al., 2003). Plusieurs facettes des FE peuvent être distinguées, notamment selon le contexte dans lesquelles elles sont mobilisées. Ainsi la littérature tend à distinguer une composante cognitive dite « froide », qui ne mobilise pas d'état émotionnel au premier plan, et un versant dit « chaud », plus en lien avec les aspects affectifs et motivationnels (Zelazo & Müller, 2002). Les FE se retrouvent ainsi impliquées et mobilisées dans des domaines variés, tels que la santé mentale et physique, la qualité de vie, la réussite professionnelle ou encore les comportements sociaux (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000).

Au vu des multiples compétences en jeu et pour tenter de clarifier leur nature, notamment s'agissant de la composante cognitive, les auteurs ont cherché à définir si les FE s'inscrivaient plutôt dans une conception unitaire, qui serait comparable au facteur d'intelligence générale G, ou une organisation en sous-fonctions partiellement indépendantes (Lehto et al., 2003). Plusieurs modèles théoriques défendent finalement cette seconde proposition avec une structuration à la fois plurielle et interdépendante des FE, qui pourrait prendre forme progressivement pendant l'enfance (Lehto et al., 2003; Miyake et al., 2000).

D'un point de vue développemental, les recherches montrent un processus d'évolution très long en lien avec la maturation physiologique du cortex préfrontal et de ses réseaux corticaux et sous-corticaux, considérés comme le siège anatomofonctionnel principal des FE (Alvarez & Emory, 2006; Carlson et al., 2013; Dennis, 2006) et régulièrement associés en particulier aux régions dorsolatérales du cerveau pour le versant froid. Les aspects chauds seraient eux associés aux régions ventromédianes et au cortex orbitofrontal. En effet, du fait de la maturation physiologique caudo-rostrale du cerveau, le calendrier développemental des circuits préfrontaux s'étend de l'enfance jusqu'à l'âge adulte (Anderson, 2002; Blakemore, 2008; Gogtay et al., 2004; Lee et al., 2013). Aussi, durant la période préscolaire, les FE seraient encore globalement indifférenciées (Wiebe et al., 2011). Les études factorielles ont permis de voir se détacher deux dimensions distinctes (mémoire de travail [MT] et inhibition) aux alentours de 6 ans, puis une structure à trois facteurs deviendrait statistiquement viable à partir de 11 ans pour se clarifier à partir de 15 ans (Lee et al., 2013). Les principaux processus exécutifs qui ressortent comme en partie indépendants des différentes analyses factorielles sont l'inhibition, la MT et la flexibilité (Lehto et al., 2003; Miyake et al., 2000).

Les interrelations entre ces fonctions dites « de base », et en particulier l'inhibition et la MT, permettraient ensuite la différenciation des autres dimensions exécutives telle que la flexibilité puis des compétences de plus haut niveau comme la planification ou la résolution de problème (voir Figure 2).

Qualifier et dénombrer l'ensemble des processus que recouvre le terme FE est complexe (plus de quinze dans la revue de Best et al., 2009). Dans ce travail, trois composantes dites « de base » seront plus particulièrement abordées, qui sont l'inhibition, la MT et la flexibilité, ainsi que la planification, considérée par certains auteurs comme une composante de plus haut niveau (Diamond, 2013). En complément, deux autres dimensions plus ou moins inhérentes du fonctionnement exécutif seront abordées (l'attention et la vitesse de traitement), lesquelles sont régulièrement incluses dans le contrôle exécutif ou étroitement associées. Il convient de garder en tête que ces unités dissociables théoriquement forment très probablement, dans la vie courante et dans la réalité clinique, un vaste réseau interconnecté se développant et fonctionnant de concert.

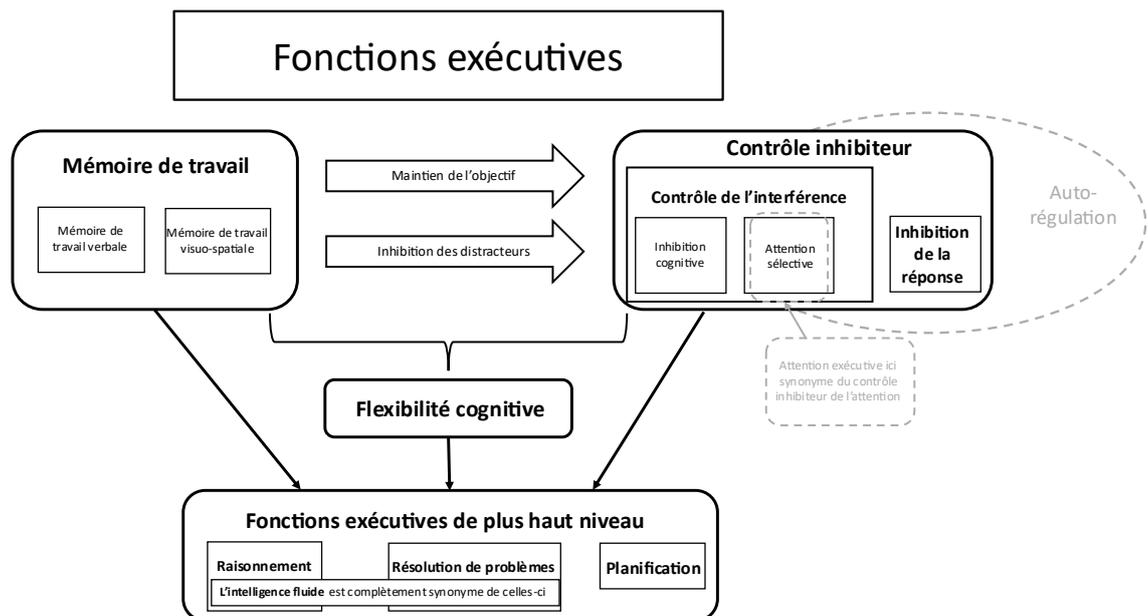


Figure 2: Modèle développemental des fonctions exécutives (Adapté de Diamond, 2013)

L'impact des facteurs sociodémographiques (genre, SES) et plus largement celui de la culture sur le développement des FE reste encore assez peu étudié et n'a pas été formellement considéré dans les propositions théoriques existantes telle que celle de Diamond (2013). Il s'agit pourtant d'une problématique centrale, qui interroge le caractère universel des modélisations envisagées ainsi que la généralisation des mesures et des tâches développées dans un contexte particulier (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021). Certaines études révèlent des différences significatives du fonctionnement exécutif en faveur des garçons (Halpern, 2012) et d'autres en faveur des filles (Ardila et al., 2005). Cependant, la grande majorité des études ne rapportent pas d'effet statistiquement significatif (Brocki & Bohlin, 2004).

De même, un effet du positif du niveau d'éducation des parents (souvent considéré comme reflétant le SES) est généralement associé au développement des FE (Ardila et al., 2005; Farah, 2017; Johnson et al., 2016; Roy, Fournet et al., 2020). Certaines études incitent à considérer que des facteurs environnementaux, tels que la qualité des interactions précoces parents-enfant et plus largement les pratiques éducatives (incluant la nutrition, la régulation du stress, le type et la qualité des stimulations cognitives), pourraient médier le lien entre les SES et le développement des FE (Johnson et al., 2016). Par ailleurs, des travaux d'imagerie ont montré que le niveau d'éducation des parents prédisait l'épaisseur de certaines zones préfrontales (Lawson et al., 2013). Toutefois, les liens entre développement exécutif et le niveau d'étude (et plus largement SES) doit être relativisé, l'amplitude des relations étant souvent faible à modérée et les résultats tâche-dépendants (Lawson et al., 2018).

De plus, il apparaît qu'une importance majeure de la culture sur les mécanismes de développement des FE doit être considérée (Bellaj et al., 2018, 2021; Er-Rafiqi et al., 2017, 2018; Guerra et al., 2020; Roukoz et al., 2021). Des biais culturels sont susceptibles de

générer des différences de scores à des épreuves entre des groupes d'enfants issus de différents pays. Ces données mettent en évidence les dangers de l'utilisation des tests d'évaluation du contrôle exécutif dès lors que ces facteurs ne sont pas considérés et contrôlés a minima. Aussi, il est nécessaire que les outils fassent l'objet de processus d'adaptation rigoureux (et pas uniquement d'une traduction) pour répondre aux exigences habituelles en matière de validité et de fiabilité psychométriques, sur la base de données normatives spécifiques à la population visée (voir Bellaj et al., 2018; Roy, 2015).

3.2. Présentation des différentes composantes exécutives

3.2.1. La mémoire de travail

La MT est la capacité à maintenir de manière transitoire des informations (une trentaine de secondes) pendant la réalisation d'une activité complexe et/ou la coordination simultanée de différentes ressources (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021). Diamond (2013) rappelle que c'est notamment cette notion de manipulation d'informations stockées provisoirement qui fait la spécificité de la MT en particulier pour la réalisation de tâches cognitives complexes, comme les apprentissages ou la compréhension d'un texte (Eustache, 2003).

La MT fait partie, à l'instar de l'inhibition, des processus centraux des FE (Dennis, 2006 - voir Figure 3). En effet, son fonctionnement implique une activité consciente, qui mobilise une coordination simultanée, un contrôle des stratégies employées et l'inhibition des informations non pertinentes pour la tâche en cours. MT et inhibition sont étroitement liées et dépendantes de l'activation d'un circuit neuronal en partie commun, situé dans le lobe frontal (Dennis, 2006).

Il existe deux type de MT en fonction de la modalité : la MT verbale et la MT visuospatiale (Baddeley, 1996, 2000). La MT engage les structures cérébrales frontales, en

particulier le cortex préfrontal dorsolatéral et les régions frontales supérieures et pariétales, dont le sillon intra-pariétal et les régions pariétales supérieures (Cassotti et al., 2021; Diamond, 2013).

Le développement des capacités de MT serait régulier depuis la naissance jusqu'à environ 15 ans (Lee et al., 2013; Lehto et al., 2003), avec des pics développementaux à 8 et 12 ans (Brocki & Bohlin, 2004). L'émergence de compétences de MT a pu être objectivée vers 6 mois (manipulation d'informations, localisation spatiale) et l'organisation proposée par Baddeley (boucle phonologique, calepin visuospatial et buffer épisodique) se retrouverait selon certains auteurs dès l'âge de 6 ans (Dégeilh et al., 2015).

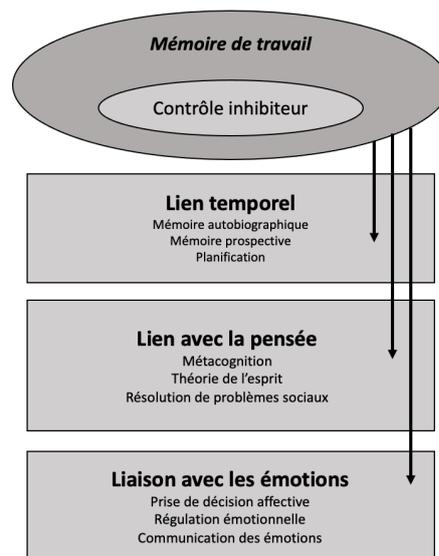


Figure 3: Modèle de développement du lobe frontal incluant la mémoire de travail (Adapté de Dennis, 2006)

3.2.2. L'inhibition

L'inhibition est habituellement définie comme la capacité à pouvoir bloquer ou supprimer des informations ou des réponses saillantes et/ou non pertinentes afin de contrôler son attention, ses pensées, ses émotions et ses comportements et parvenir au but à atteindre (Chevalier, 2010; Diamond, 2013). Plus précisément, trois grandes fonctions propres à

l'inhibition sont généralement distinguées (Friedman & Miyake, 2004). Le filtrage précoce permet un contrôle de l'accès en MT des représentations non pertinentes, dont l'activation est déclenchée par des phénomènes exogènes (renvoyant à la notion d'attention sélective). La fonction de suppression des informations non pertinentes, ou qui ne le sont plus, vise à « nettoyer » la MT afin d'éviter les risques de surcharge dans cet espace à capacité limitée. Enfin, la fonction de « blocage » correspond au fait de restreindre l'accès aux réponses prédominantes, automatiques et sur-apprises et aux faits inappropriés dans une situation nouvelle (Deforge, 2005; Roy, Fournet, Roulin et al., 2021).

Dans le développement typique, le contrôle inhibiteur émerge au cours de la première année (Mulder et al., 2009) et croît de manière importante entre 5 et 8 ans (Brocki & Bohlin, 2004), pour atteindre un niveau comparable à celui des adultes aux alentours de 14 ans (Romine & Reynolds, 2005). Selon Lee et al. (2013), cette progression impliquerait une réduction du coût inhibiteur au profit notamment de la flexibilité. Diamond (2013) rappelle en outre que le contrôle inhibiteur prend en charge, au moins en partie, la MT. En effet, en permettant de réduire l'influence des distractions internes et externes, et de par ses fonctions de « nettoyage », l'inhibition aide à relier et combiner plusieurs idées et/ou passer d'une configuration mentale à une autre.

3.2.3. La flexibilité

La flexibilité correspond à la capacité d'alterner entre différentes tâches, opérations, registres mentaux (Monette & Bigras, 2008) ou plusieurs règles (Mulder et al., 2009) de manière souple et appropriée. Elle permet également de modifier un schéma mental et de s'adapter à une nouvelle tâche (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021).

Elle s'appuie à la fois sur les processus d'inhibition et de MT. En effet, afin de changer de perspective pour réaliser une tâche ou résoudre un problème, il est nécessaire

d'inhiber la réflexion précédente et d'activer en MT une perspective de pensée et de raisonnement différente (Diamond, 2013). Malgré une proximité avec les processus de suppression et de nettoyage de l'inhibition, il a été retrouvé à plusieurs reprises une indépendance factorielle (Lee et al., 2013; Lehto et al., 2003; Miyake et al., 2000), en accord avec l'idée que la flexibilité implique spécifiquement un déplacement du focus attentionnel d'un type de stimulus à un autre.

Un consensus émerge sur les compétences précoces, avec une progression importante durant la période préscolaire. Ces habiletés apparaissent dès 2½ ans, et se précisent vers 4½ – 5 ans (Diamond, 2013). Une croissance importante est rapportée entre 8 et 13 ans (Lehto et al., 2003) pour atteindre un niveau adulte vers l'âge de 14 ans (Romine & Reynolds, 2005). Toutefois, pour d'autres auteurs, la flexibilité serait considérée comme une des dernières fonctions à se stabiliser et son développement s'étendrait encore durant l'âge adulte (Best & Miller, 2010).

3.2.4. La planification

La planification est une aptitude étroitement associée à la résolution de problèmes. Elle implique la formulation d'une série d'opérations pour atteindre un objectif et requiert la capacité à projeter/anticiper plusieurs étapes à l'avance, et surtout à contrôler la qualité de la réponse fournie (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021). La planification nécessite à la fois l'analyse objective de l'environnement, le maintien de l'attention, ainsi que l'anticipation du changement. En outre, elle demande la capacité de concevoir, de générer et de sélectionner des alternatives aux solutions initialement proposées (Dennis, 2006; St-Amand, 2006). Selon le modèle de Diamond (2013), la planification est dépendante des processus de MT, d'inhibition et de flexibilité. Face à un problème nouveau, un plan d'action s'élaborerait par subvocalisation ou par imagerie mentale (renvoyant à la MT) et par le blocage de réponses automatiques (renvoyant à l'inhibition), autorisant ainsi l'élaboration de l'action à mener

(Monette & Bigras, 2008). Du fait de sa dépendance aux autres composantes, il existe moins de données spécifiques sur la trajectoire développementale de la planification. Toutefois, Romine et Reynolds (2005) montrent dans leur méta-analyse une évolution constante des compétences avec une explosion entre 5 et 8 ans et des performances qui évoluent toujours à l'âge adulte. Selon certains auteurs (Best et al., 2009), la capacité de planifier efficacement plusieurs mouvements nécessaires à la réalisation d'un but serait présente vers 8 ans, mais la capacité de créer efficacement des plans plus complexes se développerait tout au long de l'adolescence (Anderson et al., 2001; Asato et al., 2006).

3.2.5. L'attention et la vitesse de traitement

Au carrefour de ces différentes composantes des FE se trouve l'attention. Polymorphe, souvent à l'origine même de la plainte clinique, le concept de contrôle attentionnel est généralement peu dissociable de celui des FE (ou du moins étroitement associé), et en reprend le calendrier développemental. Nous retrouvons donc dans la littérature des similitudes et de nombreux rapprochements avec les concepts d'attention soutenue, sélective ou partagée. L'attention soutenue permet de maintenir un niveau d'efficacité élevé et stable au cours d'une activité cognitive sur une longue période. L'attention sélective permet d'identifier des informations spécifiques dans l'environnement tout en ignorant les distracteurs, ce qui dénote les intimes relations avec le concept d'inhibition (Diamond, 2013). L'attention partagée, permet de traiter les informations pertinentes simultanément et est en ce sens à rapprocher de la MT. Dans le cadre de cette thèse, nous regrouperons ces concepts pour les traiter simultanément.

La vitesse de traitement désigne l'efficacité et la rapidité avec lesquelles un individu peut effectuer des tâches cognitives, telles que le traitement d'informations, la résolution de problèmes ou la réponse à des stimuli (Roivainen, 2011). Pendant l'enfance, la vitesse de traitement tend à s'améliorer progressivement à mesure que le cerveau mûrit et que les

connexions neuronales deviennent plus efficaces (Kail & Salthouse, 1994; Nettelbeck & Burns, 2010). Les relations entre la vitesse de traitement et les FE sont discutées et certains affirment que la vitesse de traitement est un facteur exécutif indépendant (Anderson, 2002), tandis que d'autres suggèrent qu'il s'agit d'un facteur sous-jacent à la variance des résultats exécutifs (Lee et al., 2013). En outre, certaines études ont évoqué une relation en cascade entre la vitesse de traitement, les FE ou les tâches cognitives au sens large de sorte qu'une difficulté en vitesse de traitement entraîne une difficulté sur le fonctionnement exécutif qui se répercute ensuite sur les résultats aux tâches cognitives (Nettelbeck & Burns, 2010; Rose et al., 2011).

3.2.6. Les fonctions exécutives « chaudes » et le contrôle émotionnel

Les FE dites chaudes ou impliquant le contrôle émotionnel sont mobilisées dans des contextes où les aspects affectifs et motivationnels revêtent une importance primordiale (Zelazo & Müller, 2002). Ces capacités incluent préférentiellement des processus décisionnels guidés par les émotions, la régulation des émotions et des comportements (Roy, 2015a). Le contrôle émotionnel permet à l'individu de moduler ses réponses émotionnelles en fonction des interactions sociales ou du contexte environnant (Roy, Roulin et al., 2020). La prise de décision affective est sollicitée dans des situations impliquant des enjeux émotionnels et dont l'évolution est incertaine. Il s'agit de la capacité d'évaluer les risques pour choisir le comportement à adopter parmi plusieurs possibles, ce qui renvoie aussi plus globalement à l'ajustement de son propre comportement à l'autre et à la cognition sociale (Roy, Roulin et al., 2020). Le développement du contrôle émotionnel et des autres aspects chauds suivrait un calendrier relativement différencié et indépendant des versants cognitifs des FE. Si tel était le cas, cela pourrait contribuer à expliquer, à l'adolescence, les écarts constatés entre la compréhension « théorique » des conséquences négatives d'un

comportement et le choix adopté dans une situation réelle chargée émotionnellement (Zelazo & Carlson, 2012).

Les bases neuroanatomiques sous-jacentes aux FE chaudes relèveraient du cortex préfrontal ventromédian qui inclut en particulier le cortex orbitofrontal (en connexion avec l'amygdale et le système limbique) ainsi que le circuit fronto-striatal (notamment les noyaux caudés et la partie dorsale du striatum) (Cassotti et al., 2021).

Le statut développemental des réseaux fronto-sous-corticaux du cerveau expose à un risque précoce majeur et il est désormais admis que l'ensemble des habiletés neurocognitives de haut niveau que recouvrent les FE sont déterminantes pour le développement psychologique et l'intégration sociale, à travers notamment la régulation et le contrôle de la pensée, des émotions ou des actions. Les connaissances à ce niveau sont importantes afin d'approcher les perturbations cliniques des FE chez l'enfant.

3.3. Vulnérabilité précoce et clinique du syndrome dysexécutif

L'essor des travaux en neuropsychologie a permis d'identifier de nombreux contextes cliniques dans lesquels le cerveau est perturbé plus ou moins précocement dans son développement, que ce soit dans le cadre d'atteintes congénitales, de lésions acquises ou plus largement dans la psychopathologie infantile (Araujo et al., 2017; Beaussart et al., 2018; Canton et al., 2019; Demetriou et al., 2018; Fonseca Wald et al., 2019; Fournet et al., 2021; Gilboa et al., 2014; Jackson et al., 2021; Krasny-Pacini et al., 2017; Mauger et al., 2018; Pierson et al., 2016; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Que les atteintes soient directes (lésions acquises) ou indirectes (TND), les recherches semblent confirmer la fragilité des réseaux préfrontaux qui, du fait de leur maturation physiologique prolongée, apparaissent particulièrement exposés à un risque de vulnérabilité précoce (Roy, Roulin et al., 2020).

La pratique clinique révèle que la symptomatologie dysexécutive est polymorphe car elle est susceptible de se manifester de manière variable et potentiellement dissociée. Aussi, le versant cognitif pourrait être impacté sans que le versant socio-affectif et comportemental ne le soit, et réciproquement. Par ailleurs, des difficultés dissociées sont également possibles dans le versant froid, avec par exemple des atteintes de la flexibilité sans trouble des autres composantes (pour des études de cas, voir par ex., Cadeau et al., 2021; Charbonnier et al., 2011). Sur le plan socio-affectif, la symptomatologie peut s'exprimer par des troubles plus ou moins marqués de la régulation comportementale, un défaut de contrôle des émotions ainsi qu'une perturbation des interactions ou des convenances sociales (Anderson et al., 2009). Cliniquement, ces perturbations comportementales peuvent s'exprimer sous la forme d'irritabilité, d'intolérance à la frustration, de labilité émotionnelle, d'accès de violence verbale/physique. En grandissant, les situations sociales et relationnelles vont se complexifier et devenir de plus en plus exigeantes et des difficultés à prendre des décisions affectives peuvent, dans les cas les plus extrêmes, mener à des comportements de mise en danger (pour soi ou les autres) voire délictueux (Roy & Lancelot, 2013).

Au niveau du versant cognitif, les atteintes peuvent être très variables selon qu'elles touchent de manière plus ou moins sélective les principales composantes. Les troubles de l'inhibition, qui recourent ceux du contrôle attentionnel (attention soutenue, sélective) perturbent les capacités de l'enfant à engager de manière adaptée et durable ses ressources attentionnelles dans les actions de la vie quotidienne et dans les apprentissages. L'incapacité de filtrer les distracteurs environnementaux ou les pensées inadaptées à l'activité en cours, sont, avec les difficultés pour stopper/freiner une réponse automatique ou prépondérante (verbale ou motrice) les principaux signes cliniques rencontrés. Une atteinte de la MT fragilise les capacités de l'enfant à maintenir de manière temporaire ainsi qu'à manipuler activement les informations nécessaires et utiles pour mener à bien une action. Ainsi,

résoudre un problème, comprendre un texte lu ou tenir une conversation sont des activités quotidiennes qui pourraient être impactées. Les problèmes de flexibilité s'expriment par une certaine rigidité mentale et des persévérations. Cela peut altérer la mise en œuvre appropriée des mots et/ou des actes moteurs, et plus largement la mobilisation adaptée des idées et de la pensée indispensables aux apprentissages en général. Enfin, les troubles de la planification et de la résolution de problème entraînent une forme de désorganisation dans la préparation et la conduite des actions, en raison de difficultés à séquencer et mettre en place les différentes étapes d'un plan qui mènent à l'objectif visé (Cassotti et al., 2021; Roy, Fournet et al., 2021).

Que les troubles portent sur le versant socioaffectif ou cognitif des FE, ils peuvent impacter sévèrement et durablement la vie de l'enfant et de sa famille. Toutefois, il apparaît dans la clinique une certaine méconnaissance, dans les milieux médicosociaux et éducatifs, du syndrome dysexécutif et de ses répercussions. Il n'existe pas de critère diagnostique consensuel et accepté pour définir ce trouble, et il n'est donc pas répertorié dans les classifications internationales telles que la CIM-10 ou le DSM-5. Cependant, du fait de son implication dans différents syndromes en neuropsychologie de l'enfant, il transparaît indirectement dans la recherche de signes cliniques dans ces classifications. Des propositions des principales caractéristiques du syndrome dysexécutif ont été avancées (Roy et al., 2012; Roy, 2015a; Roy et al., 2017) et regroupées dans le Tableau 7.

Tableau 7: Caractéristiques du syndrome dysexécutif chez l'enfant d'après (Roy et al., 2012 ; Roy, 2015a ; Roy et al., 2017)

Les troubles sont relativement fréquents	Ils sont retrouvés dans une multitude de contextes cliniques dans le cadre d'atteintes congénitales (Beaussart et al., 2018), de lésions acquises (Ashton, 2010) ou en psychopathologie de l'enfant (Fournet et al., 2021).
Leur expression est variable et polymorphe	Les dissociations sont possibles avec atteinte sélective ou prépondérante du versant cognitif vs préservation du versant affectif (Anderson, 2002).
Ils sont chroniques	Ils ont également la possibilité de s'aggraver dans le temps à mesure que les exigences d'autonomie s'accroissent (phénomène possible d'apparition « différée »).
Les retentissements sont potentiellement sévères.	Les retentissements peuvent concerner l'intégration ainsi que la réussite scolaire, sociale et professionnelle.
L'efficacité des prises en soin est relativement modeste	Les travaux dans ce domaine sont plus complexes à réaliser d'autant que la clinique et la compréhension des signes cliniques ne sont pas stabilisées (voir par ex. Roy, Roulin et al., 2020).
La correspondance anatomofonctionnelle reste à déterminer	Le phénotype, et en particulier la distinction entre les troubles cognitifs et affectifs pourrait correspondre à la localisation intrafrontale des lésions, mais reste complexe compte tenu des phénomènes de réorganisation et de la plasticité cérébrale.

La problématique de la vulnérabilité précoce des réseaux fronto-sous-corticaux et des troubles des FE chez l'enfant représente une question de santé publique importante. Elle intéresse également la problématique des enfants à besoins particuliers concernés par ces troubles et finalement la question du handicap. La reconnaissance et la prise en charge du syndrome dysexécutif passent nécessairement par une compréhension plus fine des mécanismes exécutifs au travers une démarche d'évaluation structurée, ajustée, nuancée et intégrative.

3.4. Évaluation des fonctions exécutives chez l'enfant

Dans la pratique clinique, l'évaluation des FE constitue une des facettes de l'évaluation neuropsychologique, qu'il convient d'intégrer et de confronter aux autres pratiques de la psychologie incluant l'entretien et l'observation clinique, les indicateurs de vie quotidienne et le profil cognitif plus global. À l'échelle internationale, il existe de très nombreux outils destinés à évaluer les FE des plus petits (âges préscolaire) ou des plus grands (âge scolaire). Pour autant, la plupart d'entre eux ne sont pas édités ou disponibles en langue française et parmi ceux-là, peu répondent aux exigences que pose l'évaluation des

FE chez l'enfant. À travers la description des contraintes qui se posent dans l'évaluation pédiatrique des FE (Figure 4), nous présenterons plusieurs pistes qui ont été suggérées pour en limiter les effets (Anderson, 1998; Roy, 2015a, 2015b, 2021; Roy, Guerra, et al., 2021).

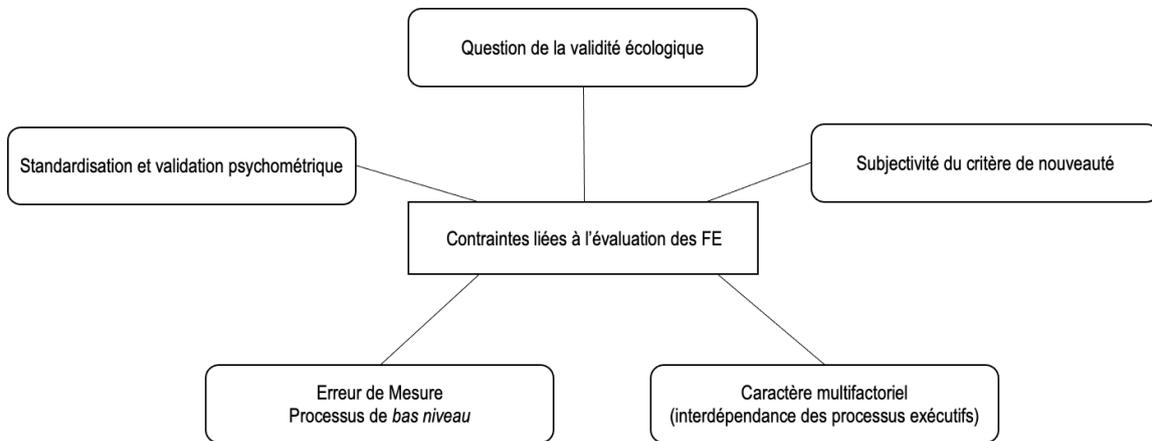


Figure 4: Principales contraintes inhérentes à l'évaluation des FE chez l'enfants (d'après Roy et al., 2021)

3.4.1. Les tests basés sur la performance

L'utilisation de tests psychométriques basés sur la performance (ou « tests de laboratoire ») reste prédominante pour appréhender les perturbations des FE. Ces tests standardisés présentent l'avantage de fournir un cadre d'évaluation standardisé, structuré et contrôlé. Simples à utiliser pour le clinicien, ces tests permettent d'explorer les composantes exécutives avec une relative objectivité. De nombreux outils d'évaluation existent et une partie d'entre eux sont présentés dans le Tableau 8 (pour une revue voir, Jurado & Rosselli, 2007). Il convient cependant de garder à l'esprit que le découpage proposé reste relativement partiel et arbitraire, dans la mesure où les différentes facettes des domaines des FE cohabitent plus ou moins dans chacune de ces épreuves. Les mesures de performance relevées sont généralement basées sur la précision, le temps et/ou la rapidité de réponse avec une contrainte de temps (Anderson, 2002; Chevalier, 2010; Monette & Bigras, 2008).

Différents obstacles peuvent contraindre l'utilisation de ces outils en particulier *la standardisation et la validité psychométrique des mesures*. Les limites portent sur des effectifs normatifs limités, sur l'absence de contrôle des facteurs sociodémographiques (tels que le niveau d'étude parental dont on a vu précédemment l'impact potentiel), mais surtout l'absence formelle de validation de l'outil auprès d'enfants et de patients français. C'est le cas de la NEPSY-II (Korkman et al., 2012) dont la validation psychométrique repose sur une proximité plus ou moins avérée entre les données de l'étalonnage américain et néerlandais (la population néerlandaise étant elle-même considérée comme étant « culturellement proche » de la population française), et qui conduit finalement le clinicien français à comparer les scores obtenus avec les normes américaines (Roy et al., 2017). D'autre part, certaines épreuves, dans leur paramétrage, conduisent à des résultats controversés et potentiellement risqués pour l'utilisation clinique (risques de « faux positifs » et de « faux négatifs »). Roy et al. (2016) ont mis en évidence que la version française commercialisée du test de Stroop (Albaret & Migliore, 1999) aboutissait à une dégradation des processus d'inhibition avec l'âge et un risque élevé de « faux négatifs ». En effet, l'étude de validité clinique mettait en évidence de meilleures performances au test chez les enfants avec TDA/H que l'échantillon normatif.

Tableau 8: Exemples d'outils permettant d'approcher le fonctionnement exécutif chez l'enfant

	Principe des épreuves	Tests classiquement proposés dans la littérature
Inhibition	Contrôler l'émission d'une réponse dominante	Tâches type Stroop, Go/no Go, tapping, Flanker
MT	Conservation d'informations en mémoire et manipulation, mise à jour de celles-ci avant restitution.	Tâches d'empan de chiffres/Lettres avec rappel en ordre inverse ou selon un ordre. Subtest de double tâche ou de mise à jour verbale/visuospatiale.
Flexibilité	Basculement d'un type de réponse à un autre, calcul d'un « coût cognitif » du changement de stratégie.	Tâches de fluence verbale/figurale ou de fluidité de dessins, le WCST, le TMT ou encore le test d'anticipation visuospatiale Brixton junior.
Planification	Prévoir une séquence de déplacement	Tâches de Tours (ToH/ToL), de labyrinthes, FCR.
Attention	Sélection d'informations pertinentes parmi d'autres en modalité visuelle ou auditive	Épreuves de barrage (« Attention visuelle », NEPSY), « Gestes contraires » (BREV), « Les petits Hommes verts » (TEA-Ch).
Batterie	Échelle dites « globale » permettant l'évaluation des différents domaines.	FÉE ; NEPSY ; D-KEFS ; CANTAB.
EVQ	Échelles de Likert à partir de comportements des 6 derniers mois par ex.	BADDS; DEX-C ; BRIEF ; CBCL ; Conners, CHEXI
Simulation	Épreuves simulant des actions de la vie quotidienne.	TEA-Ch ; BADS-C
Observation directe	Observation directe des comportements exécutifs lors de la réalisation d'une action concrète	« Children's Cooking Task » – Réalisation d'un gâteau au chocolat

Notes. **BADDS** : Brown attention deficit disorders scales ; **BADS-C** : Behavioral Assessment of the Dysexecutive Syndrome – Dysexecutive Questionnaire ; **BRIEF**: Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **BREV**: Batterie rapide d'évaluation des fonctions cognitives ; **CANTAB** : Cambridge neuropsychological testing automated battery ; **CBCL** : Child behavior checklist ; **CHEXI** : **Childhood executive functioning inventory** ; **DEX-C** : Dysexecutive Questionnaire for Children ; **D-KEFS** : Delis-Kaplan Executive Function Scale ; **EVQ** : Échelle de vie quotidienne ; **FCR** : Figure complexe de Rey ; **FÉE**: Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; **NEPSY**: Neuropsychological assessment ; **MT** : Mémoire de travail ; **TEA-Ch** : Test of everyday attention for children ; **ToH** : Tower of Hanoi ; **ToL** : Tower of London ; **TMT** : Trail making test ; **WCST** : Wisconsin card sorting test.

L'utilisation de ces tâches demande alors au clinicien d'être particulièrement vigilant et nuancé dans les interprétations et conclusions à tenir. Même en présence d'outils dont l'étalonnage serait parfaitement réalisé, la prudence est de mise lors de l'évaluation des FE du fait du caractère à la fois *impur* et *multifactoriel* des épreuves exécutives basées sur la performance. En tant que compétences de haut niveau, l'évaluation des performances des FE inclue inévitablement des processus de plus *bas niveau* qui doivent être, dans la mesure du possible, contrôlés. Pour limiter les *erreurs de mesure*, il apparaît en effet essentiel de s'assurer que le déficit observé est bien spécifique et non consécutif à une difficulté dans une modalité d'entrée/d'expression mobilisée par la tâche. Ainsi, un déficit de la flexibilité

mentale évaluée à partir d'une tâche de fluence verbale devrait inclure une évaluation des ressources langagières de l'enfant et être *a minima* confirmé par une tâche non verbale (Roy et al., 2017).

Par ailleurs, l'évaluation fine des FE et l'objectivation des dysfonctionnements exécutifs reste complexe au regard des nombreuses interactions entre les différentes composantes. Aussi il est largement reconnu que les mesures de performance sont *multifactorielles*, dans le sens où il est impossible de centrer la mesure sur une composante et uniquement une seule (Chevalier, 2010; Denckla, 1996; Miyake et al., 2000). Les tâches de Tour classiquement utilisées comme mesure de planification en sont un exemple (voir Tableau 8). En effet, comme le rappellent Mulder et al. : « *this task involves a range of other subcomponents including inhibition, sequencing, fine motor skills, orienting, working memory, processing speed, visual perception, comprehension of instructions, and sustained attention.* » (2009, p. 396). De plus les études factorielles montrent que plusieurs composantes exécutives sont potentiellement mobilisées et de manière simultanée dans une même tâche (Lehto et al., 2003).

Pour répondre à ces contraintes méthodologiques et techniques, un groupe de travail pluri-professionnel (psychologues, médecins, paramédicaux, enseignants-chercheurs) ont collaboré pour élaborer une batterie d'évaluation des FE chez l'enfant (FÉE) (Roy, Fournet et al., 2021). La batterie FÉE est construite à partir d'une démarche théoriquement guidée (Diamond, 2013) et spécifique à la population pédiatrique. L'étalonnage et la validation sur une population française a été envisagé en prenant en considération : l'âge de l'enfant, le sexe et le SES de la famille (incluant le plus haut niveau d'étude des parents et leur activité professionnelle). Par ailleurs, il a été intégré plusieurs indicateurs de fidélité et de validité qui ont été opérationnalisés auprès d'un large échantillon de patients français (une présentation plus détaillée de la batterie FÉE est faite dans la partie 7.2.4).

Dans le but de prendre en considération le caractère *impur* des mesures exécutives en lien avec l'implication de processus non-exécutifs dits de *bas niveau* (langage, traitements visuo-perceptifs, etc.), les auteurs ont cherché à proposer des épreuves en contrôlant « ce bruit » par soustraction de processus (Denckla, 1996). Ainsi, plusieurs épreuves proposent une condition « contrôle » préalable de la tâche (mobilisant à priori peu de ressources exécutives) avant une condition mobilisant davantage les FE. Dans le cas d'une tâche de type *Stroop* déjà évoquée, il est indispensable de contrôler en amont la dénomination des couleurs et la performance en lecture en conditions simples (moins engageant au niveau exécutif) avant de pouvoir statuer sur l'atteinte des processus contrôlant l'interférence. Pour d'autres épreuves, il a été envisagé de moduler (réduire) a posteriori la charge exécutive via des versions alternatives. Par exemple, dans le cadre de la Figure de Rey avec programme, l'enfant réalise une copie spontanée de la figure, puis à distance, une seconde copie dans laquelle les différentes parties du dessin sont progressivement recopiées en cinq étapes successives. L'effet de facilitation de la copie observé par le programme, par contraste avec la copie spontanée, vise à réduire la charge exécutive et déterminer dans quelle mesure les stratégies de planification sont impliquées dans l'échec (Roy, Fournet et al., 2020). En complément, il a été conçu, pour chacune des composantes exécutives, des épreuves à dominante verbale et non verbale. L'intérêt est de pouvoir croiser les résultats selon la modalité pour s'assurer que le déficit observé est bien transversal et non « modalité-dépendant ». Cela permet en outre de pouvoir disposer d'épreuves permettant une évaluation de toutes les composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification) en cas d'atteinte instrumentale.

En outre, les auteurs de la batterie FÉE ont cherché à permettre une distinction des processus exécutifs mobilisés dans les tâches. Les tests basés sur la performance étant par nature multifactoriels, il a été proposé deux choix pour réduire cette empreinte dans la

mesure : inclure plusieurs indicateurs par épreuve et contrôler l'engagement de certaines FE. En proposant plusieurs indicateurs par épreuve et non pas un score composite, les auteurs cherchaient à éviter l'assimilation exclusive d'une tâche à une composante des FE. Ainsi, la différenciation des scores d'erreurs/de réussite de ceux relatifs au temps peuvent indépendamment refléter différentes manifestations du syndrome dysexécutif mais également, permettre d'interroger la vitesse de traitement (facteur exécutif indépendant ou sous-tendant une variance partagée avec les FE (Anderson, 2002; Lee et al., 2013). Le second choix pour réduire « l'empreinte » multifactorielle des tests était, lorsque cela était possible, de maintenir constant/contrôler l'engagement de certaines FE sollicitées par la tâche (par ex., les stratégies d'exploration visuospatiale) pour mieux se focaliser sur une autre davantage visée (par ex., inhibition).

Les tests basés sur la performance restent tout de même relativement artificiels et assez éloignés des situations de vie quotidienne, dans lesquelles les FE sont probablement sollicitées et mobilisées de manière différente. Cette limite, qui n'est pas spécifique aux FE, est susceptible d'être amplifiée pour ces processus de haut niveau au développement complexe et prolongé. De plus, la mobilisation des FE est probablement très variable selon l'âge et tributaire de nombreux facteurs personnels et environnementaux. C'est dans cette perspective qu'ont été développés des outils à vocation dite plus « écologique ».

3.4.2. Les indicateurs de vie quotidienne

L'approche dite « écologique » de l'évaluation se veut une réponse au manque de sensibilité potentielle des tests basés sur la performance. L'évaluation des FE est directement concernée car les tests basés sur la performance sont largement encadrées par le matériel, les consignes et l'examineur. A contrario, dans les situations de la vie de tous les jours, l'enfant doit, de lui-même, engager ses habilités de contrôle et de régulation de haut niveau, sur un temps long et avec de nombreux distracteurs.

Les épreuves dites de simulation de vie quotidienne cherchent à proposer des mesures qui seraient plus représentatives de la manière dont les FE sont mobilisées dans la vie quotidienne. Dans cette optique, la TEACH (Test of Everyday Attention for Children, Manly et al., 2006) propose des subtests qui permettent d’appréhender plusieurs facettes du contrôle exécutif et de l’attention, en particulier l’inhibition et l’attention sélective, l’attention partagée et la flexibilité mentale. Malgré le fait qu’elles soient adaptées aux enfants, ludiques et plaisantes, le contenu des épreuves est peu représentatif de la manière dont les FE sont mobilisées au quotidien : barrer des vaisseaux ou compter des coups de fusils semble peu caractéristique des situations auxquelles sont confrontés les enfants dans la vie quotidienne. Par ailleurs, et malgré une version française disponible, la TEACH présente les mêmes limites concernant la validation psychométrique (normes limitées, pas de prise en compte de certaines variables sociodémographiques comme le niveau d’étude des parents).

Une alternative est proposée par la BADS-C (Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome for Children, Emslie et al., 2003) qui présente des subtests avec des situations dont la valence apparaît plus écologique : organiser la visite d’un zoo, rechercher ses clés perdues dans un champ, ou la planification autonome d’activités dans un temps contraint et en respectant certaines règles. A l’instar du programme de la Figure de Rey de la batterie FÉE, un des subtests (le Zoo) permet de faire varier la charge exécutive en contrastant une version sans aide avec une version où le programme de la visite est fourni à l’enfant. Cette batterie a fait l’objet d’une adaptation française (Roy et al., 2015) mais sans être étalonnée sur une population française.

Ces deux outils offrent des perspectives intéressantes, mais restent tout de même basés sur la performance. Les observations dites « directes » représentent alors un point de vue alternatif plus en phase avec la perspective écologique. Il s’agit d’observer instantanément et très concrètement le comportement d’un enfant durant la réalisation d’une

activité mobilisant les FE. Le test du gâteau au chocolat et du jus de fruit (Children's Cooking Task, Chevignard et al., 2010) est un exemple représentatif dans lequel l'enfant doit préparer un gâteau et un jus de fruits à partir d'un livre de recettes et d'une fiche de consignes incluant les tâches à réaliser pour parvenir à l'objectif. Les ingrédients et ustensiles sont mis à disposition de l'enfant, incluant notamment des distracteurs sémantiques et morphologiques. Si ce dispositif est pertinent et peut fournir de nombreux indicateurs qualitatifs, il reste peu exploitable dans la clinique (nécessite une cuisine équipée et l'ensemble des ingrédients/ustensiles).

Les questionnaires de vie quotidienne se présentent habituellement sous la forme d'une série de phrases qui décrivent les comportements des enfants en lien avec les FE. Une échelle de Likert permet de préciser la fréquence/la sévérité avec laquelle ces comportements sont considérés par le répondant comme posant un problème. La structure et la longueur du questionnaire peut varier selon l'âge de l'enfant et le type de répondant. Ces questionnaires peuvent être complétés par les parents, par les enseignants, par les enfants eux-mêmes voire par d'autres personnes qui interviennent auprès de l'enfant (assistantes maternelles, les professionnels de santé et éducateurs qui accompagnent l'enfant dans la vie de tous les jours). Dans certains cas, les questionnaires disposent d'échelles de validité qui permettent de s'assurer a minima de la cohérence et de la fiabilité des réponses.

Contrairement aux tests basés sur la performance, ces inventaires comportementaux sont moins « contaminés » par les processus de plus *bas niveau* (ou du moins pas dans les mêmes proportions). À travers une large palette de situations, ils permettent d'appréhender les différentes facettes des FE telles qu'on suppose qu'elles sont mobilisées à la maison où à l'école. De plus, le mode d'administration est aisé et peut s'intégrer à l'entretien clinique ou être complété par les parents en salle d'attente, limitant le caractère chronophage de l'évaluation. Instruments à la fois qualitatifs et quantitatifs, les questionnaires ont par ailleurs

l'avantage de recouvrir une période de temps plus large et représentative de la vie de l'enfant (généralement 6 mois), et non un instant *t* comme les tests basés sur la performance.

Comme le montrent Roy et Lancelot dans une revue (2013), le versant chaud des FE et notamment certains aspects comme le contrôle et la vérification de son travail et de ses productions par l'enfant, peuvent être approchés alors que cela est plus difficile à opérationnaliser dans les tests basés sur la performance. Les auteurs rapportent en particulier la Children's Gambling Task, dérivée de l'Iowa Gambling Task chez l'adulte, qui vise à évaluer la prise de décision affective. Cette tâche consiste pour l'enfant à gagner un maximum de bonbons à partir d'un jeu de cartes comportant des tas avantageux et désavantageux, qu'il doit être capable d'identifier au fur et à mesure des 50 tirages. Pour gagner un maximum de bonbons, l'enfant doit être capable d'identifier et de sélectionner des tas de cartes avantageux au fur et à mesure des tirages, sans savoir initialement qu'il existe des tas avantageux et désavantageux. Les tas désavantageux apportent des gains immédiats importants mais perdants à long terme, contrairement aux tas avantageux, pour lesquels les gains immédiats sont plus faibles mais plus importants à long terme. Si cette tâche permet de simuler la prise de décision affective à travers le caractère imprévisible des récompenses/sanctions, ce type de tâche reste avant tout expérimental et non validé dans la clinique.

Plusieurs inventaires comportementaux évaluant directement ou indirectement les FE chez l'enfant sont disponibles : les questionnaires de Connors (Connors et al., 1997), le CHEXI (Childhood Executive Function Inventory, Thorell & Nyberg, 2008), le questionnaire dysexécutif pour enfants (DEX-C, Emslie et al., 2003) ou la BRIEF (Inventaire d'Évaluation Comportementale des Fonctions Exécutives, Gioia et al., 2000 ; Roy et al., 2013 pour l'adaptation française). Les questionnaires de Connors sont très régulièrement utilisés en clinique dans le cadre du repérage du TDA/H, mais restent orientés sur les troubles

de l'attention et donc relativement partiels pour approcher les différentes facettes du contrôle exécutif. De plus, ils n'ont pas fait l'objet de validation en langue française, ce qui impose d'être particulièrement vigilant aux scores obtenus et à leurs interprétations. Le CHEXI offre une alternative en permettant d'appréhender de manière plus précise et fine les capacités de MT et de planification. Ce questionnaire a notamment fait l'objet de plusieurs travaux interculturels incluant la population francophone (Catale et al., 2012). Par ailleurs, le questionnaire DEX-C, issu de la BADS-C, permet également d'approcher de manière globale et rapide les FE. Toutefois, en proposant des items superposables à ceux de la version adulte, le questionnaire peut limiter l'approche de la symptomatologie clinique caractéristique des enfants.

Parmi les inventaires comportementaux disponibles, la BRIEF est intéressant du fait de son mode de construction empirique et issus de nombreux entretiens et observations cliniques. Dans une perspective théoriquement guidée, il vise à fournir une image assez large des différentes facettes des FE des enfants âgés de 5 à 18 ans, incluant la régulation comportementale et la métacognition (une présentation détaillée est faite dans la partie 7.2.4). Ce questionnaire est disponible dans une version destinée pour les jeunes enfants de 2 à 5 ans (BRIEF-P), dont la structure est un peu différente et la longueur réduite. Il existe une version en auto-évaluation pour les adolescents (BRIEF-SR) et une autre pour l'évaluation à l'âge adulte (BRIEF-A) qui est intéressante dans la perspective d'un suivi longitudinal des patients (Roy, 2021). Tous les questionnaires BRIEF disposent d'échelles de validité (incohérence, négativité et rareté selon les versions), qui permettent d'approcher la fiabilité des réponses. La BRIEF a été adaptée et validée en France (Roy et al., 2013) et a fait l'objet de plusieurs études de validité clinique (Campiglia et al., 2014; Chevignard et al., 2010; Roche et al., 2020).

Si les questionnaires ont l'avantage d'être moins artificiels, d'appréhender les manifestations dysexécutives en contexte et de s'affranchir des erreurs de mesure liées à l'atteinte des processus de *bas niveau*, ils présentent tout de même un certain nombre de limites qu'il faut garder à l'esprit. Tout d'abord, ils sont très largement subjectifs et sont soumis au biais de jugement du répondant, en particulier s'agissant des parents. Aussi, s'ils sont considérés de manière unilatérale, les inventaires comportementaux présentent le risque d'orienter vers des faux négatifs ou des faux positifs. Il apparaît d'ailleurs primordial de confronter l'évaluation des parents avec celle des enseignants. Les corrélations modérées entre l'appréciation parentale et celle de l'enseignant à la BRIEF (Roy et al., 2013) montrent que les processus exécutifs (et leurs perturbations) ne se manifestent pas de manière équivalente dans ces lieux de vie où l'environnement, les attentes et interlocuteurs sont par définition différents (McCann et al., 2014; O'Meagher et al., 2020). Ces résultats incitent à envisager l'influence importante du contexte, des attentes ou de l'état psychologique du répondant (anxiété, culpabilité, dépression, etc.). Enfin, il est désormais établi que les questionnaires présentent une convergence limitée avec les tests basés sur la performance dans le développement typique ou dans le contexte de la clinique pédiatrique (Gerst et al., 2017; Toplak et al., 2013). Cela ne signifie pas qu'ils soient plus sensibles à un dysfonctionnement des FE, mais qu'ils sont peut-être l'expression de réalités différentes dans lesquelles les processus exécutifs ne sont pas mobilisés de manière équivalente. Ces différents types de mesures mobiliseraient les FE de manière différentielle et apparaissent donc être des outils complémentaires et nécessaires à l'exploration clinique intégratives des FE (Anderson, 2002; Loe et al., 2015).

L'ensemble de ces éléments insiste sur la complexité et le versant multidimensionnel que revêt l'évaluation des FE chez l'enfant. Cela doit conduire à penser les stratégies d'examen de manière intégrative (Seegmuller & Roy, 2018). Les modélisations théoriques

de la structure et du développement des FE, mais aussi la connaissance sémiologique des troubles, apportent un guidage théorique qui présuppose une évaluation systématique des différentes composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification) en combinant des tests basés sur la performance avec des indicateurs de vie quotidienne.

L'utilisation de tests basés sur la performance lors de ces investigations doit tenir compte des contraintes inhérentes à l'évaluation des FE (*impures* et *multifactorielles*). Pour cela il apparaît nécessaire de confronter, pour chaque composante des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification), plusieurs épreuves en variant les modalités d'entrée/réponse (verbal/non verbal) et impliquant plusieurs variables (pour réaliser une analyse nuancée de la pluralité des processus engagés). Quand cela est possible, il faut contourner les problèmes de mesures en contrôlant l'implication des processus non exécutifs de plus *bas niveau* (Denckla, 1996) en modulant la charge exécutive. Il est possible de le faire soit par une condition « contrôle » préalable de la tâche (partie dénomination ou lecture du test de Stroop par exemple) ou à posteriori en régulant la charge exécutive de la tâche (Figure de Rey avec programme).

En regard de leur complémentarité, la prise en considération systématique de tests basés sur la performance avec des indicateurs de vie quotidienne apparaît indispensable (Anderson, 2002; Loe et al., 2015). En explorant la nature et le retentissement des troubles au domicile et à l'école (comme le permet la BRIEF), ces inventaires permettent d'apprécier le versant affectif des FE, ce qui est difficile avec des tâches basées sur la performance. Compte tenu de la sémiologie des troubles des FE et des limites des questionnaires, il convient d'insister sur le fait que l'absence de plaintes à l'école (ou à la maison) ne présage pas de l'absence de trouble (et réciproquement). Il est à ce titre essentiel de s'appuyer sur la manière dont sont mobilisées les FE dans le cadre scolaire et sur l'expression des troubles des FE dans ce cadre, ce qui sera proposé plus loin.

L'ensemble de ces éléments est de nature à favoriser l'identification des signes susceptibles d'orienter vers une perturbation du développement des FE. Ils cherchent également à limiter (autant que possible) le risque de faux positifs et de faux négatifs induits par la complexité de la sémiologie dysexécutive chez l'enfant. Le contexte clinique de la prématurité est à ce titre représentatif, car elle induit une vulnérabilité cérébrale précoce et représente un facteur de risque reconnu (HAS, 2020), en particulier pour développement des FE.

3.5. Un déficit central des FE au cœur du phénotype neurocognitif des enfants prématurés ?

Le développement des FE est lié à la maturation des réseaux préfrontaux (Dennis, 2006; Diamond, 2013). Sachant que le dernier trimestre de grossesse et la première année de vie sont des périodes critiques pour le croissance cérébrale (Adams-Chapman, 2009) et les connexions des réseaux frontaux (Sa de Almeida et al., 2021), la naissance prématurée risque d'impacter le développement normal du cerveau et par conséquent celui des FE.

Le retentissement de la prématurité sur le développement des FE a fait l'objet de très nombreuses recherches, permettant plusieurs méta-analyses (voir Tableau 9). À partir du modèle de Diamond (2013) et des composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification), nous présenterons les résultats selon l'âge des enfants en distinguant les tests basés sur la performance et les indicateurs de vie quotidienne, avant de discuter quelques questionnements toujours en débat.

3.5.1. Des perturbations précoces dès l'âge préscolaire

Des difficultés relatives aux FE ont été observées dès l'âge de 2 ans à 5 ans, tant à partir de tests basés sur la performance que d'indicateurs de vie quotidienne (Arpi et al.,

2019). À partir de tests basés sur la performance, la littérature met en évidence des difficultés d'inhibition sur des tâches d'inhibition de réponse et de contrôle de l'interférence, par rapport à des enfants nés à terme (Baron et al., 2012; Loe et al., 2012, 2019; Orchinik et al., 2011; Pritchard & Woodward, 2011; Tatsuoka et al., 2016; Wong et al., 2014). Toutefois, des enfants nés prématurés modérés (35 SA) ne montraient pas de différence (Brumbaugh et al., 2014; Hodel et al., 2016), suggérant un impact de l'AG sur les résultats. Les enfants nés prématurés ont des scores plus faibles que leurs pairs nés à terme à des épreuves sollicitant la MT à la fois en modalité auditivo-verbale (Hodel et al., 2016; Orchinik et al., 2011; Roberts et al., 2011) et visuospatiale (Baron et al., 2012; Brumbaugh et al., 2014; Loe et al., 2014; Orchinik et al., 2011; Tatsuoka et al., 2016; Wong et al., 2014). Les enfants nés prématurés sont aussi plus régulièrement en difficulté sur des tâches de flexibilité (Loe et al., 2014, 2019; Orchinik et al., 2011; Tatsuoka et al., 2016). Ainsi, dès le plus jeune âge, des difficultés des FE sont retrouvées même s'il convient de garder à l'esprit que ces découpages théoriques restent arbitraires et discutables du fait de la relative indifférenciation des FE à l'âge préscolaire (Lee et al., 2013).

Les indicateurs de vie quotidienne tels que les questionnaires BRIEF version préscolaire (BRIEF-P) ont été utilisés auprès des parents. Dans leur méta-analyse, Arpi et al. (2019) mettent en évidence que les parents d'enfants nés prématurés présentent plus de plaintes que les parents d'enfants nés à terme sur les comportements impliquant les FE (0,49 SMD [0,32 – 0,66], $n = 360$, $k = 3$). Un certain nombre d'études corroborent par ailleurs ces plaintes (Alduncin et al., 2014; Baron et al., 2011; Hasler & Akshoomoff, 2019; Loe et al., 2014, 2019; Roberts et al., 2011; Verkerk et al., 2016), et peu de résultats contradictoires sont retrouvés (Baron et al., 2014; Hodel et al., 2016). Sur le versant chaud des FE, Woodward et al. (2016) ont mis en évidence que les parents notaient des difficultés dans la régulation émotionnelle.

Plusieurs études à l'âge préscolaire confrontent les questionnaires aux mesures basées sur la performance (Alducin et al., 2014; Hasler & Akshoomoff, 2019; Loe et al., 2014) et semblent confirmer la vulnérabilité précoce des FE, pouvant également témoigner d'un dysfonctionnement exécutif précoce dans la prématurité.

3.5.2. Des difficultés qui persistent à l'âge scolaire et à l'adolescence

À partir des tests basés sur la performance, un consensus existe dans la littérature pour affirmer que les enfants nés prématurément sont en difficulté à l'âge scolaire et à l'adolescence lors de tâches impliquant les différentes composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification), comme en témoignent plusieurs méta-analyses. Sans distinguer les composantes, Brydges et al. (2018) ont mis en évidence une différence globale de $-0,51$ SMD ([IC à 95% $-0,58$; $-0,44$], $k = 87$; $n = 3701$; pour le détail de chaque composante des FE recensées voir Tableau 9). D'une manière générale, les tailles d'effet identifiées dans les différentes études sont faibles à modérées.

La MT est une dimension exécutive particulièrement évaluée. La MT auditivo-verbale est régulièrement approchée à partir de tâches d'empan de chiffres (ordre direct et/ou indirect) et la MT visuospatiale avec des tâches de type blocs de Corsi (qui peut-être informatisée avec la tâche *Spatial Working Memory* de la CANTAB – Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (Cambridge Cognition)). La littérature met en évidence de plus faibles capacités en MT auditivo-verbale et/ou visuospatiale (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Akshoomoff et al., 2017; Borchers et al., 2019; Bright et al., 2017; Farooqi et al., 2016; Libertus et al., 2017; Pascoe et al., 2018; Rose et al., 2011; Simms et al., 2015; Twilhaar et al., 2020). Ces résultats sont confirmés par des méta-analyses (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Toutefois, plusieurs études ont montré des résultats contradictoires en MT auditivo-verbale (Baron et al., 2009; Clark & Woodward, 2015; Guarini et al., 2019;

Hannula-Sormunen et al., 2017; Litt et al., 2005; Pascoe et al., 2018; Rose et al., 2011) et en MT visuospatiale (Adrian et al., 2020; Loe et al., 2012) avec une absence de différences avec les enfants nés à terme.

Les études évaluant l'inhibition ont rapporté des résultats significativement plus faibles pour les anciens prématurés, que l'inhibition soit évaluée avec des tâches de contrôle de l'interférence (Aarnoudse-Moens et al., 2012; Anderson et al., 2011; Bright et al., 2017; Korzeniewski et al., 2017; Marlow et al., 2007) ou en mobilisant l'inhibition d'une réponse prépondérante (Aarnoudse-Moens, Smidts et al., 2009; Marlow et al., 2007; Mulder et al., 2010; Rose et al., 2011). Ces résultats ont été synthétisés dans les méta-analyses (Mulder et al., 2009; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Cependant, plusieurs études indiquent là encore des résultats similaires avec un groupe de pairs nés à terme (Cserjesi et al., 2012; Ritter et al., 2013, 2014; Rose et al., 2011; Simms et al., 2015; Voigt et al., 2012) ou des différences entre groupes de patients selon l'AG ou du PN (Litt et al., 2005). Certains auteurs invitent d'ailleurs à modérer les conclusions pour cette composante exécutive du fait des variabilités dans les tâches employées (inhibition de réponse ou contrôle d'interférence), ou des indicateurs utilisés comme le temps et/ou la précision (Mulder et al., 2009; Réveillon et al., 2018; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019).

La flexibilité apparaît également fragilisée chez les enfants nés prématurés (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Clark & Woodward, 2015; Dai et al., 2020; Joseph et al., 2016; Mulder et al., 2010; Sullivan et al., 2012; Taylor et al., 2019). Ces données sont confirmées au niveau des méta-analyses (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Toutefois, Mulder et al. (2009) dans leur méta-analyse mettent en évidence l'influence du choix de la tâche sur les résultats. Ainsi, alors que les tâches de classement de cartes type Wisconsin Card Sorting Test (tâche de classement de cartes multi-déterminée) ne donnent pas lieu à des différences significatives, le Trail Making Test (qui consiste à relier le plus rapidement possible des cercles contenant des chiffres et des lettres en alternant l'ordre numérique et alphabétique [1-A-2-B-...]) ou les Petits hommes

verts de la TEA-Ch sont moins bien réussis par les enfants prématurés (Bayless & Stevenson, 2007; Ritter et al., 2014).

Plusieurs auteurs mettent par ailleurs en évidence des difficultés de planification à partir de tâches de type Tour de Londres (Anderson et al., 2004; Farooqi et al., 2016; Frye et al., 2009; Johnson et al., 2011, 2016; Loe et al., 2012; Marlow et al., 2007; Mulder et al., 2009; St-Amand, 2006; Taylor et al., 2006). Dans les tâches de Tour (pouvant être informatisée, par ex. *Stockings of Cambridge subtest* – CANTAB), l'enfant doit déplacer des perles sur des tiges afin de reproduire plusieurs modèles à partir d'une disposition particulière et en respectant certaines règles (respecter le nombre de déplacement imposés ; ne déplacer qu'une perle à la fois ; respecter le nombre de perle admissible par la tige [1, 2 ou 3 perles]). Toutefois, quelques travaux montrent qu'il convient de nuancer les déficits car les enfants nés prématurés peuvent présenter des résultats similaires au groupe contrôle en termes de temps d'exécution (Aarnoudse-Moens et al., 2012), de nombre total de problèmes correctement résolus (Borchers et al., 2019) ou de score total (Clark & Woodward, 2015).

Concernant les indicateurs de vie quotidienne, les parents rapportent plus de plaintes exécutives pour les enfants prématurés que pour les enfants nés à terme, et ce quels que soient les domaines évalués, l'âge des enfants ou les outils utilisés sur le versant cognitif (Anderson et al., 2004; Baron et al., 2009; Burnett et al., 2018; Cserjesi et al., 2012; Farooqi et al., 2016; Libertus et al., 2017; Woodward et al., 2016) et affectif (Hodel et al., 2016). Les questionnaires sont fréquemment proposés aux seuls parents, alors qu'il apparaît essentiel d'interroger également les enseignants afin d'avoir une vision plus large des retentissements dans un autre lieu de vie. Les questionnaires étant soumis à la subjectivité du répondant, le contexte clinique de la prématurité est susceptible d'influencer les résultats. À l'instar des résultats chez les enfants préscolaires, montrant très régulièrement des plaintes, les enjeux affectifs, les traumatismes, l'anxiété (Nguyen et al., 2023) ou au contraire la réassurance

d'un développement précoce encourageant pourraient modifier les niveaux de plaintes et les attentes des parents d'anciens prématurés (Heinonen et al., 2013; O'Meagher et al., 2020). De plus, le fait que la plainte aux questionnaires ne soit pas ajustée à l'état psychologique des parents renforce d'autant plus l'intérêt de prendre en compte la perception des difficultés par les enseignants lors de l'évaluation. Quelques études ont proposé ces évaluations à plusieurs répondants et ont mis en évidence soit des niveaux de plaintes similaires entre parents et enseignants (van Houdt, van Wassenae-Leemhuis et al., 2019), soit des plaintes parentales accrues (Dai et al., 2020), soit encore des plaintes différentes, n'interrogeant pas les mêmes dimensions (Farooqi et al., 2013). Ainsi, à partir de la BRIEF, le contrôle émotionnel et de la flexibilité faisaient l'objet de plaintes pour les parents alors que les enseignants pointaient l'inhibition, le contrôle, la MT et la planification/organisation en classe (McCann et al., 2014; O'Meagher et al., 2020).

Une comparaison de l'évolution dans le temps des difficultés pointées par les questionnaires a été menée sur trois cohortes successives (enfants nés en 1991 – 1992 ; 1997 et 2005 ; Burnett et al., 2018). La cohorte née en 2005 apparaît plus vulnérable que les deux précédentes avec des niveaux de difficultés perçus comme plus importants par les parents au questionnaire BRIEF. Les plaintes touchaient notamment les échelles de MT, de planification/organisation et d'organisation du matériel. Si les explications cliniques manquent pour comprendre ces résultats, les auteurs notaient aussi une baisse des résultats scolaires pour cette même cohorte (Burnett et al., 2018; Cheong et al., 2017). De leur côté, certains auteurs évoquent un possible « changement culturel » des parents entre les évaluations de cohortes. Les cohortes EPICure (nés en 1995) et EPICure2 (nés en 2006) ne montraient pas de niveau de difficultés différent entre elles lorsqu'elles étaient évaluées en aveugle par des professionnels aux mêmes âges (Marlow et al., 2021). Toutefois, comparativement à leurs pairs nés à terme, les enfants nés en 2006 avaient de moins bons

résultats que ceux nés en 1995 au niveau des mesures comportementales rapportées par les parents (Larsen et al., 2023). Ces éléments laissent suggérer qu'une meilleure connaissance des conséquences et des difficultés de la naissance prématurée pourrait également amener les parents à reconnaître et évaluer leurs enfants comme ayant plus de difficultés qu'auparavant.

Enfin, les études avec des adolescents ou des jeunes adultes anciens prématurés ont montré que les plaintes exécutives persistent dans le temps et qu'elles influencent notamment leur propre perception de celles-ci (Burnett et al., 2015; Heinonen et al., 2013). En effet, ces jeunes adultes ont tendance à s'auto-évaluer à la BRIEF comme leurs pairs, alors que leurs parents notent toujours des difficultés. Ces observations sont d'autant plus marquées chez ceux nés avec un faible PN pour l'AG (Heinonen et al., 2013). Ces différences pourraient s'expliquer par un vécu parental, des parcours néonataux plus complexes ou une portée traumatique plus importante et ces constatations se retrouvent également lors d'évaluations sur l'état de santé ou sur les comportements et les compétences sociales (Hack et al., 2011; Saigal et al., 2003). Par ailleurs, toujours à partir de questionnaires, il a été montré chez de jeunes adultes que les compétences attentionnelles, comportementales, sociales et émotionnelles, tout en restant plus faibles, suivraient une tendance temporelle de développement similaire à celles des pairs nés à terme (Costa et al., 2017; Linsell et al., 2019).

L'ensemble de ces résultats évoque des difficultés relatives aux FE dans la prématurité tant à partir de tests de performance que d'indicateurs de vie quotidienne. En revanche, il est délicat de statuer sur les relations entre les difficultés mesurées dans les tests de laboratoire et celles rapportées à partir des indicateurs de vie quotidienne car ces deux types d'outils sont rarement utilisés conjointement dans la littérature. Lorsqu'ils le sont, les résultats des deux types de mesures indiquent des corrélations de faible amplitude (Loe et

al., 2015; Sølsnes et al., 2014) mais qui sont plus marquées chez les enfants d'âge scolaire (Aarnoudse-Moens et al., 2013) que chez les enfants plus jeunes (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Hasler & Akshoomoff, 2019; O'Meagher et al., 2019).

Par ailleurs, le poids des variables périnatales semble encore incertain. L'AG ou le PN semblent médiatiser les performances en MT (Baron et al., 2009, 2012; Cserjesi et al., 2012; Voigt et al., 2012) ou en inhibition (Cserjesi et al., 2012; Voigt et al., 2012), à la faveur des prématurés modérés par rapport à leurs pairs nés grands ou extrêmes prématurés. Ainsi, les déficits seraient d'autant plus importants que l'AG et le PN sont faibles, et que le SES est bas (Brydges et al., 2018; Leviton et al., 2018; Mulder et al., 2009; Taylor & Clark, 2016). Toutefois, à partir des méta-analyses, ces facteurs périnataux n'apparaissent plus comme médiateurs des difficultés (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Brydges et al., 2018 [lorsque l'AG est considéré en catégories]; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Cette absence d'effet des variables périnatales peut aussi être expliquée par la faible présence d'études avec des enfants nés prématurés modérés ou tardifs. En effet, la grande majorité des études incluses portent sur des enfants nés avant 32 SA.

Enfin, des résultats contradictoires et des discussions quant à l'évolution des difficultés dans le temps apparaissent. Les indicateurs de vie quotidienne donnent un certain nombre pistes (Burnett et al., 2015; Heinonen et al., 2013) mais ne peuvent se suffire à eux-mêmes, compte tenu de l'ensemble des remarques et limites observées. Aussi, la persistance des difficultés au niveau des FE à travers l'âge renvoie à la question importante de savoir si elles sont le reflet d'un retard de développement ou plutôt d'un déficit durable.

3.5.3. Un retard développemental ou un déficit persistant ?

Les résultats obtenus à partir des méta-analyses (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019) laissent penser que les difficultés

sont stables dans le temps, mais plusieurs études tendent à démontrer le contraire (Baron et al., 2014; Réveillon et al., 2018). Ritter et al. (2013) ont évalué des enfants nés prématurés et nés à terme, divisés en deux groupes d'âges (8 – 10 ans et 10 – 13 ans). Les enfants prématurés les plus jeunes montraient des résultats inférieurs face à leurs pairs nés à terme sur des tâches d'inhibition, de MT et de flexibilité, alors que cette différence n'existait plus dans le groupe des 10 – 13 ans. Les résultats étaient en faveur d'une hypothèse de retard développemental où l'âge de 10 ans apparaîtrait comme un moment déterminant. Réveillon et al. (2018) ont réalisé une revue de littérature plus spécifiquement sur l'inhibition et leurs conclusions renforcent cette hypothèse de retard développemental. Les auteurs ont montré que les études s'accordent sur un retard de développement des capacités d'inhibition au début de l'âge scolaire et un rattrapage à la préadolescence où moins de difficultés d'inhibition de la réponse était constatée. Cependant, des difficultés persistantes de contrôle de l'interférence étaient rapportées jusqu'au début de l'âge adulte. Les auteurs s'appuyaient sur des études en imagerie fonctionnelle qui évaluaient l'inhibition d'une réponse prépondérante chez des adolescents et des adultes. Malgré des « *performances comportementales similaires* », les participants nés prématurés avaient des activations cérébrales différentes suggérant un retard au niveau de la maturation cérébrale. Ces différences étaient interprétées comme le signe d'une réorganisation fonctionnelle cérébrale des enfants nés prématurés, qui permettrait un rattrapage du retard développemental de l'inhibition d'une réponse prépondérante. Toutefois, il n'était pas mis en évidence de corrélations significatives ($r = -0,17$ à $-0,08$) entre l'âge chronologique et les performances de contrôle de l'interférence et d'autres études rapportent encore des difficultés à l'adolescence ou l'âge adulte au niveau de l'inhibition (Daamen et al., 2015; Luu et al., 2011; Madzwamuse et al., 2015). De plus, des difficultés sont également toujours présentes dans d'autres composantes des FE (Kroll et al., 2017;

Madzwamuse et al., 2015) et en particulier selon la complexité de la tâche (Wehrle et al., 2016), quel que soit l'AG (Reijneveld et al., 2021).

Un autre élément de réponse viendrait peut-être de la genèse de ces difficultés. Plusieurs auteurs ont fait l'hypothèse que les fragilités exécutives seraient consécutives de déficits au niveau de capacités cognitives de traitement de l'information qui sous-tendraient les difficultés aux capacités de plus haut niveau (Mulder et al., 2011; Rose et al., 2011). Selon les auteurs, des difficultés attentionnelles ou en vitesse de traitement affectaient le développement des capacités de plus haut niveau et plus complexes (telles que les FE) selon un effet en cascade. Ainsi, si une personne ne parvient pas à focaliser son attention de manière sélective ou la maintenir de manière optimale suffisamment longtemps, elle continuera à éprouver des difficultés qui se cumuleront, conduisant à de nouvelles difficultés lors des tâches cognitives plus complexes.

3.6. Synthèse

Les FE sont des processus de contrôle de haut niveau qui permettent d'adapter, d'orienter ou d'organiser le comportement de manière autonome vers un but. Du fait de leur rôle central dans les mécanismes de contrôle et de régulation des comportements, les FE jouent un rôle essentiel dans le développement psychologique. Leur développement coïncide avec le rythme de maturation physiologique des réseaux préfrontaux et est à la fois précoce, dynamique et prolongé tout au long de l'enfance et de l'adolescence. Le risque de vulnérabilité précoce des réseaux fronto-sous-corticaux est élevé et en lien avec leur maturation physiologique prolongée.

Les données de la littérature sont consensuelles et concluent à un risque important, pour les enfants nés prématurés, de présenter une atteinte du contrôle exécutif (Aarnoudse-

Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009 ; Allotey et al., 2018 ; Arpi et al., 2019 ; Brydges et al., 2018 ; Mulder et al., 2009 ; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Les études montrent régulièrement que les enfants nés prématurés ont des résultats plus faibles que leurs pairs nés à terme dans toutes les composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification) tant sur des tests basés sur la performance qu'à partir d'indicateurs de vie quotidienne. Cependant, peu d'études confrontent ces deux types de mesures, aussi ces résultats doivent être considérés avec prudence mais pourraient témoigner des difficultés qui apparaissent très précocement et qui semblent être durables dans le temps même si la question est toujours en débat. Enfin, après avoir présenté l'impact de la prématurité sur les apprentissages scolaires et sur les FE, nous allons dans la prochaine partie étudier les interfaces entre ces trois domaines de recherche.

4. ACQUISITIONS SCOLAIRES, FONCTIONNEMENT EXECUTIF ET PREMATURITE

Les nombreuses relations et interactions au quotidien entre les apprentissages scolaires et les FE ont été mis en évidence dans le développement typique (Lodeno & Alix, 2015; Roy et al., 2017). Après avoir présenté les différentes relations entre les trois grands domaines d'apprentissages (lecture, orthographe et mathématiques) et les composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification) dans le champ du développement typique, nous étudierons à partir d'une revue systématique de la littérature et une méta-analyse, présentée sous la forme d'un article en anglais, les relations entre les apprentissages scolaires et les FE dans la prématurité.

4.1. FE et apprentissages scolaires dans le développement

typique

Les apprentissages scolaires sont généralement considérés comme cumulatifs, dans le sens où les nouveaux apprentissages vont se construire à partir des connaissances et expériences passées (Yew et al., 2011). Ainsi, il va s'agir de *mobiliser*, d'*utiliser* et de *transférer* les Savoirs antérieurs implicites comme explicites (connaissances, compétences et attitudes) pour en acquérir de nouveaux. Si chacun des Savoirs peut être dissocié et identifié indépendamment, ils sont, en classe, mobilisés ensemble, de manière simultanée et ils interagissent les uns avec les autres. Cette construction de Savoirs implique alors des inter- et rétro-actions des capacités de régulation des facteurs cognitifs, conatifs et affectifs. Autrement dit, l'élève devra, au cours de sa scolarité, développer des démarches réflexives impliquant des raisonnements de type métacognitif (Alix et al., 2023; Lodenos & Alix, 2015; Proust, 2020). Ainsi, l'élève en phase d'apprentissage doit mettre en place, développer et s'appuyer sur un système complexe et de haut niveau, lui permettant un *contrôle attentionnel* de ses pensées, la *régulation* de ses comportements. Il pourra alors *traiter*, *construire*, *enrichir*, *faire co-exister* et *interagir* ou *évaluer* ses différents Savoirs et *apporter les réponses adaptées* aux interrogations posées. On comprend donc que les FE sont, dans une certaine mesure, indissociables des apprentissages scolaires et ce dès le plus jeune âge (Borst, 2021; Monette et al., 2011; Nelson et al., 2017).

Dans le développement typique, il a régulièrement été démontré les relations étroites entre les FE et les apprentissages scolaires (Zelazo & Carlson, 2020). Sans distinguer une dimension exécutive ou une discipline scolaire particulière, plusieurs méta-analyses ont mis en évidence des relations significatives modérées ($r = .33$ à $.36$) entre les FE et les apprentissages scolaires (Cortés Pascual et al., 2019; Spiegel et al., 2021). Plus précisément,

la MT a montré des relations modérées ($r = .37$) (Cortés Pascual et al., 2019) tandis que l'inhibition et la flexibilité apparaissent plus faiblement corrélées ($r = .26$ pour les deux ; Spiegel et al., 2021). Ces diverses données mettent en évidence les relations, qualifiées d'inconditionnelles, entre le développement des FE et la mise en place des savoirs scolaires, quel que soit l'âge des enfants (Jacob & Parkinson, 2015). Aussi, dans les paragraphes suivants, nous présenterons un ensemble de données visant à préciser les relations retrouvées entre les composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification ; Diamond, 2013) et les domaines des apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques) dans le développement typique.

4.1.1. Fonctions exécutives et lecture

La lecture sollicite les FE tant pour le lecteur débutant que le lecteur expert (Altemeier et al., 2008; Carretti et al., 2009; Geary, 2011; Lubin et al., 2016; Monette et al., 2011; Purpura et al., 2017; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Chez le débutant, les FE sont impliquées pour coordonner les processus de traitement de décodage et de mise en relation avec la syntaxe et la sémantique afin de construire une représentation cohérente du texte lu (Cartwright et al., 2019). Plus spécifiquement, lors de l'apprentissage du décodage, les FE vont être sollicitées pour inhiber ce qui a été appris précédemment : passer d'une lettre à une syllabe, de digrammes à des trigrammes, par exemple ($a - au / ce, in - ceinture$). La flexibilité et la planification seront mobilisées pour tenir compte des changements, ajouts ou suppressions de lettres ($eu - au ; au - eau$) ou repérer les incongruités de la segmentation ($banc - piano ; dent - venir$). Enfin, ces différentes parties nécessitent de mémoriser et de manipuler chaque son pour en faire un tout cohérent et gagner ainsi en fluidité (Ober et al., 2020). Largement impliquées dans la compréhension, les FE sont nécessaires pour repérer la structure des textes, maîtriser les chaînes anaphoriques, mettre à jour les informations (Butterfuss & Kendeou, 2018; Follmer, 2018) ou mettre en lien simultanément

plusieurs sources ou textes (Tarchi et al., 2021). Les FE (en particulier la flexibilité et la planification) interviennent dans la construction des stratégies de contrôle et de régulation spécifiques au traitement de l’information verbale au cours de la compréhension des textes (Bianco, 2016).

Les résultats des méta-analyses montrent des relations modérées entre les FE et la lecture ($r = .30$ à $.32$; Jacob & Parkinson, 2015 ; Spiegel et al., 2021), qui sont confirmées tant pour les compétences de décodage ($r = .32$; Ober et al., 2020) que pour la compréhension ($r = .36$; Follmer, 2018). Les processus sous-jacents engagés dans la lecture, comme le décodage et la compréhension, ont été largement étudiés, ce qui permet d’avoir aujourd’hui une vision relativement fine des relations entre les domaines exécutifs et ces différents processus de lecture (Tableau 10).

Tableau 10: Résultats des méta-analyses entre les fonctions exécutives et la lecture dans le développement typique

	Lecture	Décodage	Compréhension
Inhibition	.26 (.22 ; .29) [$k= 65$; $nES= 241$] ¹	.27 (.22 ; .33) [$k= 37$; $nES= 96$] ¹	.28 (.21 ; .35) [$k= 21$; $nES= 44$] ¹
	.25 (.19 ; .31) [$k= 24$] ²	.33 (.22 ; .44) [$k= 14$; $nES= 30$] ³	.21 (.13 ; .30) [$k= 14$; $nES= 16$] ⁴
Mémoire de travail	.35 (.32 ; .38) [$k= 157$; $nES= 731$] ¹	.37 (.33 ; .39) [$k= 84$; $nES= 280$] ¹	.36 (.33 ; .39) [$k= 84$; $nES= 300$] ¹
	.29 (.27 ; .31) [$k= 197$; $nES= 2026$] ⁵	.28 (.25 ; .31) [$nES= 425$] ⁵	.38 (.34 ; .43) [$k= 26$; $nES= 56$] ⁴
	.37 (.29 ; .45) [$k= 25$] ²	.32 (.27 ; .37) [$k= 49$; $nES= 102$] ³	.31 (.28 ; .34) [$nES= 953$] ⁵
Flexibilité	.24 (.20 ; .27) [$k= 34$; $nES= 90$] ¹	.20 (.13 ; .27) [$k= 13$; $nES= 31$] ¹	.30 (.22 ; .34) [$k= 14$; $nES= 23$] ¹
	.21 (.11 ; .31) [$k= 16$] ⁶	.28 (.23 ; .35) [$k= 18$; $nES= 30$] ³	.39 (.20 ; .56) [$k= 7$; $nES= 7$] ⁴
	.42 (.30 ; .54) [$k= 11$] ⁸		
Planification	–	–	.36 (.20 ; .50) [$k= 8$; $nES= 11$] ⁴

Notes. ¹ Spiegel et al. (2021) ; ² Jacob & Parkinson (2015) ; ³ Ober et al. (2020) ; ⁴ Follmer, (2018) ; ⁵ Peng et al., (2018) ; ⁶ Yeniad et al. (2013)

k : nombre d’études ; nES : Nombre de tailles d’effet inclus dans les analyses

Malgré son rôle important dans la tâche de lecture, la fluence de décodage apparaît faiblement corrélée aux performances en lecture ($r = .23$ à $.25$, $p = < 0,001$; Spiegel et al., 2021). Les relations entre les FE et la lecture ont également été inférées en contrastant des enfants bons et mauvais lecteurs. Plusieurs méta-analyses ont ainsi mis en évidence des

résultats plus faibles aux tâches sollicitant les FE, en particulier s’agissant de la MT, chez des enfants qui présentaient des difficultés de lecture (Booth et al., 2010; Swanson et al., 2009) ou plus spécifiquement de compréhension (Carretti et al., 2009). Par ailleurs, Lubin et al. (2016) ont mis en évidence que les FE pouvaient expliquer 22% de la variance des résultats en lecture. De plus, lorsque les variables de contrôle (âge, sexe et QI non verbal) ont été prises en compte, les FE ont expliqué 15% supplémentaires de la variance des compétences de lecture. Plus précisément, il était constaté que la MT et la flexibilité contribuaient de manière unique à expliquer la variance des compétences en lecture. Ces résultats sont cohérents avec ceux retrouvés dans une méta-analyse récente, dans laquelle la MT était plus fortement associée aux processus de décodage et de compréhension que l’inhibition ou la flexibilité (Spiegel et al., 2021). D’autres travaux n’ont pas confirmé ces données (Peng et al., 2018), en montrant que les relations avec la MT ne variaient pas selon le type de processus engagé dans la lecture.

Dans l’ensemble de ces travaux, il convient de souligner que les relations entre les FE de plus haut niveau que constitue la planification et les habiletés de lecture sont moins abordées, alors que Follmer (2018) insiste sur l’importance qu’on les lecteurs à élaborer une stratégie avant et après la lecture pour faciliter la compréhension.

4.1.2. Fonctions exécutives, écriture et orthographe

Lors de l’écriture en général et dans la gestion de l’orthographe en particulier, les FE sont mobilisées sur plusieurs aspects de la tâche. L’écriture est une tâche complexe (au-delà même de sa composante graphique) et peut s’apparenter à une situation de résolution de problème. L’écriture impose de produire un langage lisible, compréhensible, devant respecter plusieurs codes (les conventions orthographiques, syntaxiques et grammaticales), afin de refléter les pensées ou les connaissances sur un sujet, par exemple. Ainsi, l’écriture est parfois décrite à travers une boucle de processus itératif impliquant planification,

traduction et correction, et nécessitant un contrôle permanent durant la tâche (Hooper et al., 2002). D'autre part, lors d'une dictée, il faut maintenir en MT la phrase à écrire et basculer de l'écoute à l'écriture des mots, soit en récupérant en mémoire leur forme orthographique, soit en appliquant les règles de correspondance phonèmes-graphèmes. Le rédacteur doit prendre en compte les autres mots de la phrase pour appliquer les règles d'accords (genre, nombre) et éventuellement inhiber les réponses automatiques, en particulier si le temps est contraint (Lanoë et al., 2016; Lubin et al., 2016). Ces derniers auteurs rapportent l'exemple des phrases structurées de type « pronom sujet singulier + pronom pluriel + verbe », comme « il les timbre » ou « je les mange ». Dans cet exemple où *les* est un pronom et non un article, il faut alors inhiber la réponse habituelle de l'association *les* et *-s* pour orthographier correctement le verbe *timbrer* (qui demande aussi ici de ne pas le confondre avec le nom). Il est à noter que ce type d'erreurs peut se rencontrer indifféremment chez l'enfant, l'adolescent ou l'adulte (Lanoë et al., 2016) et met en évidence que dans certains contextes linguistiques, l'inflexion du verbe dépend à la fois de la capacité à appliquer les règles grammaticales, mais aussi de l'aptitude à inhiber une réponse rapidement automatisée dans les stratégies d'apprentissages. Par ailleurs, la planification et la flexibilité sont nécessairement mobilisées pour organiser les stratégies de relecture et réfléchir aux corrections à apporter.

Il apparaît que la nature précise des relations entre les FE et l'orthographe est moins étudiée que celle relative à la lecture et aux mathématiques ; de plus, les études réalisées sur ce sujet concernent davantage la MT (Godin et al., 2018). À notre connaissance, il n'y a pas eu de méta-analyse ayant inclus spécifiquement ces éléments dans le contexte du développement typique. Toutefois, Lubin et al. (2016) ont montré dans un groupe de 71 enfants de 9 ans et 6 mois que les performances en orthographe étaient significativement corrélées avec les indicateurs de MT et de flexibilité. Les FE contribuaient à expliquer 25%

de la variance des résultats. En contrôlant l'âge, le sexe et le QI non verbal, les FE expliquaient 19% supplémentaire de la variance des compétences en orthographe. Seule la flexibilité contribuait alors à expliquer la variance des performances orthographiques des enfants.

Par ailleurs, plusieurs travaux se sont concentrés sur l'étude des différences entre des enfants atteints de troubles du langage oral, écrit et des groupes contrôles. Ainsi, il apparaît que pour un groupe d'enfants de 8 ans avec des troubles du langage oral, des difficultés de mise à jour en MT étaient associées avec d'erreurs phonographiques (c'est-à-dire des erreurs d'orthographe qui modifient la phonologie du mot). Si les patients avaient des résultats identiques au groupe contrôle pour les indicateurs d'inhibition et de flexibilité, le groupe contrôle avait un an de moins (7 ans), ce qui laisse présager *a minima* des fragilités dans ces deux composantes des FE (Godin et al., 2018). Chez des patients avec un trouble du langage écrit, le nombre d'erreurs sémantiques était corrélé aux indicateurs de MT verbale (Morken & Helland, 2013). Par ailleurs, Soto et al. (2021) ont montré chez des patients TDA/H que les résultats en MT étaient associés aux trois compétences d'écriture (expression écrite, orthographe et fluidité de l'écriture). En revanche, les indicateurs d'inhibition étaient associés à l'orthographe uniquement et les indicateurs de flexibilité n'étaient associés à aucune des compétences d'écriture. De plus, une méta-analyse sur les compétences d'écriture chez des enfants avec TDA/H (Graham et al., 2016) a mis en évidence des compétences plus faibles que les contrôles sur l'ensemble des dimensions de l'écriture, dont l'orthographe (-0,80 SMD [IC à 95% : -0,98 ; -0,62] ; $k = 24$; $n = 968$) ou la construction syntaxique et grammaticale des phrases (-0,71 SMD [IC à 95% : -0,96 ; -0,46] ; $k = 9$; $n = 395$).

Il apparaît de nouveau que la planification ne semble pas régulièrement abordée dans ses relations avec l'orthographe, ou alors avec des carences méthodologiques importantes.

Ainsi, dans une étude de Papadopoulos et al. (2020) qui cherche à montrer les relations entre les FE, la lecture et l'orthographe, les mesures de planification renvoient davantage à des tâches de flexibilité pour l'une (tâche type TMT A et B) et de vitesse de traitement pour l'autre (souligner 2 chiffres identiques dans une ligne de 4 à 7 chiffres).

4.1.3. Fonctions exécutives et mathématiques

Les exercices de mathématiques sollicitent l'ensemble des FE et de très nombreux résultats sont rapportés dans la littérature chez l'enfant, l'adolescent et l'adulte (Best et al., 2011; Blair & Razza, 2007; Clark et al., 2010; Coulanges et al., 2021; Geary, 2011; Lubin et al., 2013, 2016; Monette et al., 2011; Purpura et al., 2017; Rossi et al., 2019; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). La MT est mobilisée durant la résolution de problème, la lecture et le remplissage d'un tableau à double entrée, ou encore l'application des retenues dans les calculs posés. De même, les aptitudes de MT sont nécessaires lors de la réalisation en temps réel de calculs mentaux ou pour retenir de manière transitoire des relations spatiales dans une activité de géométrie. Les capacités d'inhibition sont également nécessaires pour supprimer une stratégie de calcul devenue inappropriée (faire une addition au lieu d'une soustraction), inhiber une heuristique induite par l'énoncé d'un problème (choix d'opération, comparaison de nombres entiers vs décimaux, comparaison de fractions), ou sélectionner les informations pertinentes dans un problème (Borst, 2021; Hofstadter & Sander, 2013; Rossi et al., 2019). La flexibilité est sollicitée pour passer d'une opération, d'une stratégie de résolution à une autre ou lorsque la modalité de réponse demande de transformer la représentation des quantités (passer du matériel au chiffre écrit). Elle permet également d'envisager la problématique sous différents angles en fonction des exigences de la tâche (Scheibling-Sève et al., 2022). En outre, l'organisation des différentes étapes de résolution d'un problème, la capacité à décomposer des problèmes complexes en étapes plus simples ou la réalisation d'une figure géométrique sollicitent les capacités de planification.

Les méta-analyses sur ce sujet ont montré des relations modérées significatives (entre $r = .31$ et $.37$) entre les FE et les mathématiques (Cortés Pascual et al., 2019; Jacob & Parkinson, 2015; Spiegel et al., 2021) (pour plus de détails voir Tableau 11).

Un consensus se dégage sur les relations et le rôle de la MT dans les processus mathématiques. La MT est reconnue comme un des prédicteurs les plus importants du niveau en mathématiques (Bull & Lee, 2014; Bull & Scerif, 2001). Dans leur méta-analyse, Frisco-van den Bos et al. (2013) ont montré que tous les indicateurs de la MT (mise à jour verbale, mise à jour visuospatiale ; calepin visuospatial et boucle phonologique) étaient associés aux performances en mathématiques (voir Tableau 11). Par ailleurs, Lubin et al. (2016) indiquent que les FE (inhibition, MT et flexibilité) contribuent à expliquer 43% de la variance des score en mathématiques. Après contrôle de l'âge, du sexe et du QI verbal, les FE expliquent 24% supplémentaire de la variance des compétences mathématiques. Dans ce modèle de régression hiérarchique, le sexe, le QI non verbal, la MT et l'inhibition contribuent de manière unique à expliquer la variance des compétences mathématiques.

Tableau 11: Résultats des méta-analyses entre les fonctions exécutives et les mathématiques dans le développement typique

	Mathématiques	Calcul mental/simples	Opérations posées	Résolution de problèmes
Inhibition	.27 [$k=29$; $nES=131$] ¹	.27 (.20; .33) [$k=32$; $nES=117$] ²	.27 (.20; .33) [$k=32$; $nES=117$] ²	.33 (.25; .40) [$k=22$; $nES=97$] ²
	.29 (.24; .31) [$k=59$; $nES=271$] ²			
	.31 (.25; .38) [$k=33$] ³			
Mémoire de travail	.38 [$k=85$; $nES=411$] ^{1*}	.36 (.27; .44) [$k=12$; $nES=23$] ²	.37 (.34; .40) [$k=79$; $nES=302$] ²	.43 (.40; .47) [$k=51$; $nES=154$] ²
	.39 (.36; .41) [$k=126$; $nES=626$] ²	.31 (.27; .35) [$nES=267$] ⁵	.35 (.32; .39) [$nES=326$] ⁵	.37 (.34; .41) [$nES=143$] ⁵
	.31 (.22; .39) [$k=40$] ³			
	.37 (.29; .45) [$k=11$] ⁴		Calculs simples (<10)	
	.35 (.32; .37) [$k=110$; $nES=829$] ^{5†}		.33 (.28; .38) [$nES=85$] ⁵	
			Calculs complexes (>10)	
		.27 (.21; .33) [$nES=55$] ⁵		
Flexibilité	.28 [$k=18$; $nES=94$] ¹	.16 (.08; .23) [$k=8$; $nES=20$] ²	.29 (.19; .39) [$k=19$; $nES=46$] ²	.35 (.22; .47) [$k=17$; $nES=39$] ²
	.28 (.20; .35) [$k=37$; $nES=124$] ²			
	.34 (.24; .44) [$k=17$] ³			
	.26 (.15; .35) [$k=18$] ⁶			

Notes. ¹ Friso-van den Bos et al. (2013) ; ² Spiegel et al. (2021) ; ³ Jacob & Parkinson (2015) ; ⁴ Cortés Pascual et al. (2019) ; ⁵ Peng et al. (2016) ; ⁶ Yeniad et al. (2013)

k : nombre d'études ; **nES** : Nombre de taille d'effet inclus dans les analyses

* Les données concernent la mise à jour verbale qui montrait la corrélation la plus importante. D'autres indicateurs relevant de la MT ont été analysés : mise à jour visuospatiale : $r=.34$ [$k=21$; $nES=63$] ; calepin visuospatial : $r=.34$ [$k=55$; $nES=239$] ; boucle phonologique : $r=.31$ [$k=65$; $nES=295$].

† Les données concernent la moyenne totale des corrélations. D'autres composantes relevant de la MT ont été analysés : mise à jour verbale : $r=.30$ (.27; .33) [$nES=294$] ; mise à jour visuospatiale : $r=.31$ (.26; .35) [$nES=142$] ; MT numérique : $r=.34$ (.30; .37) [$nES=268$] ; MT composite : $r=.38$ (.34; .40) [$nES=125$]. Par ailleurs cette étude rapportait également des corrélations sur des composantes mathématiques spécifiques : fractions : $r=.30$ (.12; .46) [$nES=26$] ; géométrie : $r=.23$ (.17; .27) [$nES=40$] ; algèbre : $r=.27$ (.09; .44) [$nES=27$].

Les études dans le développement typique ont mis en évidence des relations faibles à modérées entre les FE (inhibition, MT, flexibilité et planification ; Diamond, 2013) et les apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques). Nous allons étudier au travers d'une revue systématique de la littérature et une méta-analyse les relations entre les apprentissages scolaires et les FE dans la prématurité.

4.2. FE et apprentissages scolaires dans la prématurité : revue systématique de la littérature

4.2.1. Critères et méthode

Il est communément admis chez les enfants nés prématurés que les FE sont perturbées de manière précoce, durable et que les difficultés concernent l'ensemble des composantes (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; Brydges et al., 2018; Mulder et al., 2009; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Ils sont également plus à risque de développer des TA et ont des SEN plus marqués que dans la population générale (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). De même, la recherche met en évidence que les FE influencent modérément les apprentissages scolaires dans le développement typique ($r = .30$ et $.39$) (Cortés Pascual et al., 2019; Follmer, 2018; Friso-van den Bos et al., 2013; Ober et al., 2020; Peng et al., 2016, 2018; Spiegel et al., 2021). Cependant, à partir de ces diverses données, peut-on en conclure que chez les enfants nés prématurés, les difficultés relevées en FE influencent les difficultés lors des acquisitions scolaires ?

Malgré un nombre conséquent d'études dans chacun de ces domaines, il n'existe pas, à notre connaissance, de revue systématique et/ou de méta-analyse permettant d'avoir une

vision globale des interrelations entre les FE et les domaines scolaires retrouvées de manière éparsée dans la littérature (Costa et al., 2017; Rose et al., 2011; Taylor et al., 2000).

Une recherche systématique a été conduite à partir de quatre bases de données (Web of Science, APA PsycArticles, PBSC, and PubMed) pour les articles publiés entre le 1er janvier 2000 et le 31 décembre 2020. Nous avons effectué une double stratégie de recherche (une recherche simple en langage courant et une recherche booléenne avancée, adaptée de van Houdt et al., 2019). L'ensemble de la stratégie de recherche ainsi que les mots clés utilisés sont décrits précisément dans la méta-analyse et disponibles en annexe (Annexe 2, p.343). Pour cette première étape, nous avons établi les critères d'inclusion suivants : (1) les mesures devaient concerner des enfants nés prématurément (<37 SA), (2) les études devaient concerner des enfants ou des adolescents, (3) qui avaient été évalué avec au moins une composante identifiée par les auteurs comme mesurant les FE, (4) et au moins une mesure des performances scolaires, et (5) ces résultats devaient avoir été publié dans une revue à comité de lecture. Ces critères d'inclusions étaient volontairement peu restrictifs afin de pouvoir accéder à un large état des lieux de la recherche.

4.2.2. Résultats de la revue de littérature

À partir des 2679 références retrouvées, une sélection manuelle a permis de répertorier 53 études qui répondaient aux critères d'inclusion. Des données qualitatives ont été extraites selon le protocole détaillé dans le Tableau 12.

Tableau 12: Protocole d'extraction des données lors de la revue systématique préliminaire

Indicateurs périnataux et sociodémographiques
Âge gestationnel (en semaines) Poids de naissance (en grammes) Année et pays de naissance Éléments de contexte médical de la cohorte (grossesse multiple, RCIU ; HIV [et grade] ; LMPV ; DPB ; surfactant ; etc.) Éléments de contexte environnemental / social (SES parents ; niveau d'étude mère et père)
Méthode
Âge d'évaluation (en années) Années d'évaluation Sexe Appariement du groupe contrôle (âge, sexe, SES, niveau scolaire des parents, niveau d'étude de la mère, etc.) Contrôle mesure QI Référence à un modèle théorique pour guider l'évaluation des FE (enfant ou adulte) Contrôle de processus de bas niveau impliqués dans les évaluations des FE Type d'épreuves choisis dans chacun des domaines (mesures basées sur la performance ; indicateur de vie quotidienne) Composantes exécutive évaluées (inhibition, MT, flexibilité, planification, attention et vitesse de traitement) Domaines scolaires évalués (lecture, orthographe et mathématiques) Noms des tests et tâches utilisées
Résultats
Résultats obtenus par le groupe « prématurés » par rapport au groupe témoin ou la norme des tests (qualitatif) Facteurs contrôlant les mesures (AG ; QI ; SES ; niveau d'étude parental ; etc.) Conclusions et éléments marquants de l'étude
Apports cliniques
Fréquence de difficultés exécutives Fréquence des difficultés en lecture, orthographe et mathématiques Fréquence et type de SEN

Notes. **AG** : Âge gestationnel ; **DBP** : Dysplasie broncho-pulmonaire ; **HIV** : Hémorragie intra-ventriculaire ; **LMPV** : Leucomalacie périventriculaire ; **QI** : Quotient intellectuel ; **RCIU** : Retard de croissance intra-utérin ; **SES** : Statut socio-économique

Pour chacune des études, le Tableau 13 regroupe les indicateurs périnataux (AG, PN), l'âge d'évaluation et l'appariement du groupe contrôle, les résultats et conclusions. Le Tableau 14 regroupe la présence de contrôle du QI, d'un modèle d'évaluation des FE, le type d'épreuves choisies ainsi que les apports cliniques.

Tableau 13: Études évaluant simultanément les fonctions exécutives et les apprentissages scolaires dans la prématurité (2000-2020)

Études	n	AG (et sem)	PN (et g)	Age Eval (et) ans	Grp Ctrl (voir notes)	Processus exécutifs évalués		Dimensions scolaires évaluées		Conclusions
						PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	
Aarnoudse-Moens et al. (2013)	200	28,1 (1,4)	718 (129)	8,3 (2,3)	ab	Inhibition ; MT ; Planification ; Flexibilité, VT ; Questionnaires		Mathématiques		Moins bons résultats en mathématiques corrélés avec les FE (inhibition ; empan visuospatial (.33 et .59 pour âge sco. ; NS présco).
						CANTAB ; WISC-III ; CBCL, TRF, DBD		DNPMS		
Adrian et al. (2020)	51	29,4 (2)	1327 (439)	5,3 (0,3)	abck	Inhibition ; MT		Mathématiques		L'inhibition était plus faible chez les PT mais pas la MT visuospatial. L'inhibition a un effet médiateur sur les deux types de compétences mathématiques évaluées.
				6,4 (0,4)		CANTAB (SRT)	CANTAB (SWM)	TEMA-3		
				7,3 (0,4)						
Akshoomoff et al. (2017)	668	<27	1303 (313)	10	NT	Inhibition ; MT ; Attention ; VT		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques.		Les élèves avec des TA ont des résultats inférieurs en FE vs pas de TA. Les mesures neuropsychologiques participent à la variance des résultats en lecture (29.9%) et en maths (21,8 %).
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III		
Baron et al. (2009)	49	24,50 (0,63)	667 (99)	6,85 (0,85)	NT	MT ; Attention ; VT ; Questionnaire		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Comparaisons entre les groupes. Performances comparables pour les 2 groupes de PT <26 SA et les >26 SA. Aucun trouble (< 2DS) repéré à partir des évaluations. Des fragilités repérées en MT et attention (-1DS).
		28,03 (2,36)		859 (95)		6,86 (0,78)		CBTS ; WISC-IV ; TEACH ; BRIEF parents + enseignants ; BASC-II		
Borchers et al. (2019)	48	29,23 (2,15)	1282 (432,02)	6,13 (0,19)	abcdi	Planification ; MT		Lecture		Les FE (empan de mémoire visuelle) à 6 ans prédisent le niveau de lecture à 8 ans (22,7 %) pour les PT mais pas pour les FT. Le facteur exécutif composite corrèle significativement avec chaque domaine académique (.39 ; .53).
						CANTAB (SS, SSWM)	CANTAB (SC)	GORT		
Bright et al. (2017)	889	<27	<1000	10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention ; VT		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques.		L'AG et le PN influencent les résultats des FE et scolaires. Une bactériémie tardive n'est pas associée à des dysfonctionnements exécutifs ou moteurs.
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III ; OWLS		
Bucci et al. (2020)	22	26,4 (1,06)	955,4 (208,8)	9,43 (1,26)	NT	Inhibition ; MT		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Des relations significatives entre l'inhibition et l'orthographe (.30) ; La MT et l'ensemble des apprentissages scolaires (.23 .48) sont notées.
						Bell test (sustained)	Verbal Digit, Corsi's Block Tapping span, Bell test (selective)	BDDD (nonword speed), BDE test, AC-MT test (written calculation, accuracy)	BDDD (accuracy, comprehension), CMT, AC-MT test (speed, number knowledge).	
							Verbal Digit, Corsi's Block Tapping span, Bell test		BDDD, CMT, AC-MT test, BDE Test	

(à suivre)

Tableau 13 – Suite

Études	n	AG (et sem)	PN (et g)	Age Eval (et) ans	Grp Ctrl (voir notes)	Processus exécutifs évalués		Dimensions scolaires évaluées		Conclusions
						PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	
Clark & Woodward (2015)	110	27,92 (2,34)	1 071,11 (314,53)	6 → 9	abi	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Planification ; Attention		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques.		Une déficience globale du Contrôle Exécutif est mise en évidence à 6 ans. La relation parents-enfant impacterait également le CE qui prédit le rendement scolaire à l'âge de 9 ans (.14 à .40)
						DRB ; K-CPT ; Backward Corsi Blocks ; ToH (non respect règle) ; Visual search (efficiency ; search time)	WISC (MCH-I) ; TOH (Score total) ; Visual search (scaled score)	WJ-III		
Costa et al. (2017)	180	26,7 (2)	886 (163)	8,7 (0,3) 18,2 (0,8)	NT	Questionnaire		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques.		Les résultats scolaires sont liés aux FE. Ceux qui à 18 ans avaient des déficiences en FE avait également eu des résultats scolaires plus faibles à 8 ans.
							BRIEF (indices BRI et MI)	WRAT-IV		
Dai et al. (2020)	76	26	919 (206)	7,21 (0,2)	NT	Planification, Attention, Questionnaire		Questionnaire		Les PT ont obtenu des notes inférieures dans les apprentissages scolaires. Les FE sont un prédicteur des apprentissages scolaires.
						TEA-Ch; BRIEF Parents + Ense		Teacher-rated Academic Achievement (Maths & writing)	Teacher-rated Academic Achievement (reading)	
Farooqi et al. (2013)	86	24,6 (0,7)	765 (110)	10,9 (0,76)	bcgh	Questionnaire		Questionnaire		A partir de questionnaires, les tailles d'effets étaient de 0,66 SD (parents) et de 0,82 SD (enseignants) pour les comportements liés aux FE évaluées par FTF. 17 à 23% de Tb en MT rapportés.
						FTF Parents (Planning/Organizing, Working memory) ; FTF Enseignants (Attention, Hypoactivity, Planning/Organizing, Working memory)	FTF Parents (Attention, Hypoactivity, Hyperactivity/Impulsivity) ; FTF Enseignants (Hyperactivity/Impulsivity)	FTF Parents + Enseignants		
Farooqi et al. (2016)	132	24,4 (0,7)	718 (129)	12 (1,7)	abcdghip	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Planification.		Questionnaire		Déficit en FE et dans les résultats scolaires pour le groupe d'enfants né prématuré.
						WISC ; D-KEFS ; FTF Parents et Enseignants		TRF Parents + Enseignants		
Frye et al. (2009)	156	< 36	< 1600	8,2 → 10,7 → 12,7	abcis	Inhibition ; Flexibilité ; Planification ; MT		Lecture		Les enfants PT ont un risque plus important de niveau de lecture faible. Ceux qui avaient un niveau faible en lecture étaient les plus à risque de difficultés exécutives.
						ToL ; SBIS-4 (Beads)	CPT ; SBIS-4 (Sentences)		WJ ; CELF – 3 ; SBIS-4	
Grunau et al. (2004)	53	25,8	719	17,3	abg	Attention ; Questionnaire		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Pas de différences dans les scores d'attention. Plaintes parentales sur les comportements. Les vulnérabilités psychosociales et éducatives persistent jusqu'à la fin de l'adolescence.
						CBCL parents	CPT	WRAT-III (Reading ; Arithmetic)	WRAT-III (Spelling)	

(à suivre)

Tableau 13 – Suite

Études	n	AG (et) sem	PN (et) g	Age Eval (et) ans	Grp Ctrl (voir notes)	Processus exécutif évalués		Dimensions scolaires évaluées		Conclusions
						PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	
Guarini et al. (2019)	37	29,2 (1,7)	1 163,51 (357,95)	10, 4 (7,5 mois)	abe	Attention ; MT ; Verbal		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Les PT sont plus à risque de troubles en lecture (pas en orthographe et en mathématiques) que les enfants nés à terme. Profil de difficulté diffère d'enfants avec un trouble spécifique de la lecture.
						NEPSY-II (Phonological Fluency)	LIPS-R ; WISC III ; NEPSY-II (Semantic Fluency, Phonological Processing) ; RAN	MT-2 (Text - slower) ; DDE-2 (Reading comprehension, Non-words) ; AC-MT 6-11 (Number Knowledge, Written Calculations, Problem-solving)	DDE-2 (Words, Sentences) ; MT-2 (Text – accuracy) ; AC-MT 6-11 (Mental Calculation, Time)	
Hannula-Sormunen et al. (2017)	119	29,19 (2,64)	1140 (332,47)	5 (0,2)	abg	Inhibition ; MT		Mathématiques		Les enfants PT avaient plus de difficultés en maths que le grp ctrl. Les analyses LPA ont permis de définir différents profils de difficultés. Facteurs périnataux, parentaux, cognitif influencent les résultats mathématiques.
						NEPSY-II (memory-for-design)	Inhibition ; VWM	SFON imitation task; TEMA 3 ; WPPSI-R ; NEPSY-II (design copy)		
Hasler & Akshoomoff (2019)	58	29,51	1 320,4 (428,85)	5,21 (0,41)	abcg	MT ; Questionnaire		Mathématiques		Les résultats mathématiques ne sont pas corrélés avec les FE (BRIEF-P et MT spatial).
						BRIEF-P	CANTAB	TEMA-3		
Heeren et al. (2017)	873	<28		10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention		Lecture ; Mathématiques		Une analyse de Profil Latent (LPA) a identifié quatre profils neurocognitifs chez les enfants EPT. Le QI médiatise les difficultés des FE. QI et FE impactent les résultats scolaires.
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III		
Hollebrandse et al. (2020)	499	25,64 (1,22)	862,6 (176,6)	8	NT	Questionnaire		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Les résultats sont d'autant plus faibles que le grade d'hémorragies intraventriculaires est important.
						BRIEF parents		WRAT-III ; WRAT-IV		
Jaekel et al. (2013)	281	30,5 (2,3)	1303 (313)	6,3 → 13	ab	Questionnaires		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques ; notes scolaires		Les enfants PT sont plus à risques pour des difficultés attentionnelles tant à 6 qu'à 8 ans. Toutes les mesures exécutives sont associées aux apprentissages à 8,5 ans (.45 ; .66) et sont corrélées avec les mathématiques à 13 ans (.28 ; .40).
						TRCB ; TEAM ; CBCL ; ADHD diagnoses		ZRT ; PWRT ; DST ; Maths perf ; Arithmétique ; DRT-2 ; notes scolaires		
Jaekel et al. (2016)	281	32,43 (0,93)	1 769,66 (439)	1,6 → 8	ab	Inhibition ; Questionnaires		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Plus l'AG est faible et plus les enfants sont susceptibles d'avoir des difficultés d'inhibition et attentionnelles et de faibles résultats scolaires.
						Raisin Game toddlers ; TRCB ; TEAM ; CBCL		ZRT ; PWRT ; DST ; Maths perf ; Arithmétique ; DRT-2		

(à suivre)

Tableau 13 – Suite

Études	n	AG (et) sem	PN (et) g	Age Eval (et) ans	Grp Ctrl (voir notes)	Processus exécutif évalués		Dimensions scolaires évaluées		Conclusions
						PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	
Johnson et al. (2011)					abcgi	Planification ; Attention.		Lecture ; Mathématiques ; Phonologie ; Questionnaire		Les enfants PT ont des résultats plus faibles que les FT. Les facteurs périnataux, sociaux et neurodéveloppementaux (<2 SD) à 30 mois sont prédicteurs des résultats scolaires à 6 et 11 ans.
	283	23-25	740	2,8 (0,7)						
	241	23-25	748	6,3(0,48)		NEPSY		PAT		
	219	23-25	740	10,9 (0,38)			WIAT ; TAAS ; SENq			
Johnson et al. (2016)	151	23-25		10,9 (0,38)	abc	Planification ; Attention		Lecture ; Mathématiques		Les enfants EPT atteints de TA (notamment maths) ont plus chuté les épreuves de FE que les autres EPT.
						NEPSY		WIAT-II ; TAAS		
Joseph et al. (2016)	873	<28	<1500	10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention ; VT		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		L'ensemble des mesures FE et scolaire montrent des déficits importants chez les EPT à 10 ans.
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III		
Korzeniewski et al. (2017)	889	<28	<1500	10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention ; VT ; Questionnaire		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Les enfants nés RCIU sont plus susceptibles que leurs pairs EPT d'avoir des troubles sociaux et psychosociaux. Déficits importants FE et scolaires à 10 ans.
						NEPSY-II ; DAS-II ; CSI-4 Parents + ense		WIAT-III		
Libertus et al.(2017)	82	25,5 (0,9)	834 (152)	6,5	abz	MT ; Questionnaire		Mathématiques		Les enfants EPT montrent un Système de Numération Approximatif (SNA) plus faible que les FT. La MT et les mesures composites sont corrélées avec les résultats en mathématiques (.25 ; .50)
						WISC-IV, BADDS		ANS ; Panamath ; WISC-IV		
Litt et al. (2005)					abci	MT		Lecture ; Mathématiques		Les PT avec un très faible poids de naissance sont plus à risques de développer des TA. Ces difficultés sont associées avec l'indicateur composite de planification perceptuelle mais pas avec la MT ou l'indicateur composite verbale.
	31	25,5 (1,8)	665,6 (69,6)	11,2 (1,2)			CELF-R	WJ-R; WIAT		
	41	29,4 (2,2)	1 190,6 (210,1)	11,1 (1,3)			CELF-R		WJ-R; WIAT	
Litt et al. (2012)	181	26,4 (2)	815 (124)	14,8	abci	MT ; Attention		Lecture ; Mathématiques		Les scores exécutifs étaient associés aux résultats scolaires. Les scores CANTAB n'étaient pas associés à la lecture après contrôle du QI.
						CANTAB		WJ-III		
Loe et al. (2012)	72	28,8 (2,7)	1226 (466)	12,2 (1,8)	abcgi	MT ; Planification ; Questionnaire		Lecture		L'AG contribue aux compétences FE. Les FE contribuent à la variance des compétences en lecture.
						CANTAB (SC) ; CBCL Parents	CANTAB (SSWM)	WJ-III		

(à suivre)

Tableau 13 – Suite

Études	n	AG (et sem)	PN (et g)	Age Eval (et) ans	Grp Ctrl (voir notes)	Processus exécutif évalués		Dimensions scolaires évaluées		Conclusions
						PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	
Loe et al. (2014)	70	29,6 (2,6)	1365 (455)	4,6 (0,76)	ab	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Questionnaire		Lecture		PT avaient des scores inférieurs en FE (perf et EVQ). Les scores en pré-lecture étaient inférieurs va FT. L'AG contribue à expliquer les difficultés.
						Day/Night task ; Bird/Dragon task ; DCCS ; 3- & 6-box task ; verbal fluency; BRIEF-P ; CBCL		TOPEL		
Logan et al. (2017)	874	<28	<1500	10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Le Score for Neonatal Acute Physiology-II (SNAP-II) est prédictif des troubles cognitifs et autres troubles du développement neurologique à 10 ans.
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III		
Logan et al. (2019)	874	<28	<1500	10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Pas de différence de résultats entre singletons et grossesses multi-fœtales. Les difficultés vs la norme sont comparables. Entre eux, les singletons avant des moins bons résultats sur inhibition et flexibilité et décodage de pseudo-mots vs jumeaux.
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III		
Marlow et al. (2007)	158	<25		6,33	ab	Composite FE		Questionnaire		Déficit en FE sur toutes les composantes évaluées. Les compétences visuospatiales sont un bon prédicteur de réussite scolaire. Le facteur exécutif, les mathématiques et la lecture présentaient des associations significatives (.38 ; .40)
						NEPSY		TAAS		
Mulder et al. (2010)	48	27,6 (1,8)		9,75 (0,33)	abcg	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention ; VT		Questionnaire		Tous les domaines exécutifs présentaient des corrélations faibles à modérées avec la mesure composite des résultats scolaires. (.30 .61). MT et VT expliquent 57% de la variance des scores de TAAS.
						NEPSY, TEACH, WISC-IV		TAAS		
Pascoe et al. (2018)	91	27,1 (2,1)	866 (174)	7,6 (0,4)	NT	MT		Lecture, Orthographe ; Mathématiques		La MT avait une association modérée à forte avec les apprentissages scolaires (.50 .77).
						WMTB-C (Mazes Memory)	WMTB-C, AWMA		WRAT-IV	
Pritchard & Woodward (2011)	110	<33		6	ab	Inhibition ; Questionnaire		Lecture ; Mathématiques		Les résultats aux tâches de FE à 4 ans ont une valeur prédictive des résultats scolaires à 6 ans. Les scores d'inhibition contribuaient de la variance des performances futures en lecture et en mathématiques.
						Shape School Task (Inhibition condition) ; SDQ (Hyperactivity/inattention problem)	Shape School Task (Switch condition) ; SDQ (Emotional & Conduct problem)	WJ-III		
Rickards et al. (2001)	120	29,3 (2)	1167 (215)	14	abcg	Planification ; MT		Lecture, Orthographe ; Mathématiques ; Questionnaires		Les EPT avaient plus de problèmes cognitifs, scolaires et comportementaux à 14 ans que les enfants nés à terme.
						ROCF (organisation) ; BMT	ROCF (Accuracy, Accuracy recall, organization recall)	WRAT-III (Arithmetic)	WRAT-III (Reading, Spelling) ; Teacher rating	
Rose et al. (2011)	44	29,7 (2,8)	1 165,2 (268,4)	11,18 (0,44)	abcdei	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; VT		Lecture et Mathématiques.		Proposition effet de cascade : VT plus lente entraîne baisse du fonctionnement exécutif (notamment la MT) qui entraîne moins de réussite en mathématiques et en lecture.
						CANTAB ; TMT-B ; Counting span ; CAT (Tachistoscopic threshold)	GNG ; Listening span ; CAT (Reaction time)	WJ-III (Reading fluency ; Applied problems)	WJ-III (Letter-word identification, Math fluency)	

(à suivre)

Tableau 13 – Suite

Études	n	AG (et sem)	PN (et g)	Age Eval (et mois)	Grp Ctrl (voir notes)	Processus exécutif évalués		Dimensions scolaires évaluées		Conclusions
						PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	
Scott et al. (2017)	861	<28	<1500	10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Les EPT diagnostiqués avec un TDAH avaient des résultats plus faibles que les autres EPT de la cohorte.
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III		
Simms et al. (2013)	198	<26		10,9 (0,37)	abiz	Composite FE-Attention		Lecture ; Mathématiques		Les EPT ont des résultats inférieurs aux FT sur l'ensemble des mesures. Corrélations significatives (.54 et .61 si corrélations bivariées ; .20 et .22 si corrélations partielles) entre Attention/FE et lecture et mathématiques.
						NEPSY-II		WIAT-II ; MET		
Simms et al.(2015)	115	28,57 (2,01)	1 213,2 (365)	9,70 (0,69)	abcg	Inhibition ; MT ; VT		Mathématiques		L'ensemble des mesures FE avait des relations faibles à modérées avec les mathématiques (.19 à .64).
						AWMA		NEPSY-II (Inhibition) ; RAN		
Sriram et al. (2018)	863	<28	<1500	10	NT	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; Attention		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques		Le fait d'avoir une dysplasie bronchopulmonaire durant l'hospitalisation accroît le risque de troubles à 10 ans sur l'ensemble des dimensions évaluées.
						NEPSY-II ; DAS-II		WIAT-III		
Sullivan et al. (2012)	180	30,3 (2,22)	1271,7 (294,5)	17,08 (0,4)	ab	Flexibilité		Lecture, Orthographe ; Mathématiques		Pas de différence entre les PT et FT. Seul le SES impactent les tests cognitifs et académiques.
						WCST-64		K-TEA		
Tatsuoka et al. (2016)	140	25,9 (1,6)	819 (172)	5,94 (0,34)	abcgi	Inhibition ; Flexibilité ; MT ; VT		Mathématiques		La MT interagit avec les compétences de soustraction, d'addition et d'organisation spatiale. L'inhibition avec les compétences de subitizing et de soustraction. L'attention impacte les compétences de subitizing, de cardinalité et d'organisation spatiale. Pas d'association avec la VT.
						TIA ; Shape School; TPT-R ; CTOPP ; Nebraska Barnyard		WJ-III		
Taylor et al. (2000)	60	25,7 (1,8)	665,6 (68,2)	11,2 (1,3)	abci	Flexibilité ; MT ; Attention ; Questionnaire		Lecture ; Maths ; Questionnaire		Les PT avec un PN <750 étaient plus vulnérables que leurs pairs PT (750-1499g) et les FT. Après soustraction des enfants avec NSI, le groupe <750g reste moins performant dans l'ensemble.
	55	29,4 (2,4)	1 173,2 (217,1)	11,3 (1,25)		CNT ; ROCF ; Planning Test ; Verbal Cancellation Task; CBCL parents		CNT (errors) ; CBCL teacher (attention problem)		
						CNT ; CVLT-C ; ROCF ; Planning Test ; Verbal Cancellation Task; CBCL parents et teacher		WJ-R ; WIAT ; TRF (Academic performance)		
Taylor et al. (2002)	62	25,7 (1,8)	666 (68)	11,2 (1,3)	abci	MT		Lecture ; Mathématiques		La MT avait des relations fortes avec les mathématiques (.62 ; .65).
	54	29,5 (2,3)	1179 (214)	11,3 (1,25)		CELFR		WJ-R, WIAT		
						CELFR		WJ-R, WIAT		

(à suivre)

Tableau 13 – Suite

Études	n	AG (et) sem	PN (et) g	Age Eval (et) mois	Grp Ctrl (voir notes)	Processus exécutif évalués		Dimensions scolaires évaluées		Conclusions	
						PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT	PT < grp ctrl ou NT	Diff non signi grp ctrl ou NT		
Taylor et al. (2006)	219	26,4 (2)	810 (124)	8,6 (0,6)	bcdhiz	Composite FE NEPSY		Lecture ; Orthographe ; Maths WJ-III		Les compétences neuropsychologiques médiatisent les effets du risque néonatal sur la réussite et le fonctionnement adaptatif. Relations fortes entre composite exécutif et apprentissages scolaires (.62 à .65).	
Taylor et al. (2018)	145	25,88 (1,62)	819,21 (172,62)	5,94 → 6,96 → 8	abci	Inhibition ; MT TIA ; Shape School ; TPT-R ; CTOPP ; WMS-R ; Nebraska Barnyard		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques WJ-III		La taille des effets pour les mesures neuropsychologiques globales variait de modérée à élevée selon les domaines scolaires (β de .29 -.57). Progression des apprentissages plus lente quand difficultés exécutives.	
Taylor et al. (2019)	139	26 (2)	818 (172)	5,93 → 7 → 8	abci	Inhibition ; MT TIA ; Shape School ; TPT-R ; CTOPP ; WMS-R ; Nebraska Barnyard		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques WJ-III		Le TDAH prédisait des progrès plus lents au cours des années scolaires et des scores inférieurs aux tests scolaires indépendamment du QI ou des FE.	
Twilhaar et al. (2020)	52	29,36 (1,47)	1 278,6 (355)	13,32 (0,31)	abd	Inhibition, MT, VT SST; ANT (Alerting) ; SART ; ASRT		Lecture, Orthographe et Mathématiques. ANT (Orienting, Executive) ; SRT		DNIEM (Reading comprehension ; Arithmetic) ; DNIEM (Spelling)	Les FE sont associées à toutes les performances scolaires (.35 ; .50).
van Houdt et al. (2019)	113	28,13 (1,4)	1080,05 (259,5)	10,72 (1,2)	abd	Questionnaires BRIEF Parents + Ense ; SDQ		Lecture ; Mathématiques TTA ; B-EMT		Même quand les parents ont un niveau éducatif élevé, les parents et enseignants des PT rapportent plus de plaintes vs contrôle appariés.	
Wong et al. (2014)	111	26 (2)	818 (176)	Test :5,92 (0,34) ; obs : 6,16 (0,36)	abci	Inhibition ; MT ; Questionnaire TIA ; Shape School; TPT-R ; Nebraska Barnyard ; BRIEF ens (IM)		Questionnaire, Observation en classe BRIEF ens (IRC)		Teacher ratings; MS-CISSAR (teacher focus; competing response- WC) ; MS-CISSAR (competing response- SG & IW; task management; academic responding)	Les PT demandaient plus de guidage de l'enseignante et étaient plus souvent « en dehors de la tâche » en classe. Les facteurs périnataux, cognitifs (dont FE) et comportementaux impactent le comportement scolaire en classe.
Woodward et al. (2016)	100	27,81 (2,36)	1 054,4 (313,8)	2 → 4 → 9	ab	Questionnaire SDQ (positive affect, persistence) ; ERC parents (2 ans)		Lecture ; Orthographe ; Mathématiques SDQ (negative affect, transition) ; ERC parents (4 ans)		WJ-III	Une plus faible autorégulation chez les PT était associée à un surrisque de TDAH et de retard scolaire à l'âge de 9 ans.

Notes. En-tête : n : Échantillon enfants prématurés ; AG : Age gestationnel en semaines ; PN : Poids de naissance en gramme ; Age Eval : Age d'évaluation en mois ; Grp Ctrl : Critères d'appariement du groupe contrôle (a= âge ; b=sexe ; c= SES ; d= niveau scolaire parents ; e = multilinguisme ; f=niveau de langage ; g= niveau d'étude mère ; h= Structure familiale ; i= Race/Origine ethnique ; NT = Normes des Tests ; p= Niveau Pauvreté ; s=niveau scolaire ; z= code postal) ; PT < grp ctrl ou NT : Groupe prématuré significativement plus faible que le groupe contrôle ou la norme des tests ; Diff non signi grp ctrl ou NT : Différence non significative entre groupe prématuré et le groupe contrôle ou la norme des tests.

ANS : Approximate Number System ; **ANT** : Attention Network Task ; **ASRT** : Alternating Serial Reaction Time task ; **AWMA** : Automated Working Memory Assessment ; **B-EMT** : Brus Een Minuut Test; **BASC-II** : Behavior and Assessment Scales for Children-II; **BRIEF** : Behavior Rating Inventory of Executive Function ; **BRIEF-p** : Behavior Rating Inventory of Executive Function – preschool ; **BRIEF IRC** : Indice de régulation comportementale ; **BRIEF CEG** : Composite exécutif général ; **BRIEF IM** : Indice metacognitif ; **CANTAB** : Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery ; **CAT** : Cognitive Abilities Test ; **CBCL** : Child Behavior Checklist ; **CBTS** : Corsi Block-tapping Span; **CELF** : Clinical Evaluation of Language Fundamentals ; **CNT** : Contingency Naming Test ; **CPT** : Continuous Performance Test; **CSI-4** : Child Symptom Inventory – 4 ; **CTOPP** : Comprehensive Test of Phonological Processing ; **CVLT-C** : California Verbal Learning Test–Children’s Version ; **D-KEFS** : Delis-Kaplan Executive Function Scale ; **DAS-II** : Differential Ability Scales -II ; **DBD** : Disruptive Behavior Disorders parent and teacher rating scales ; **DCCS** : Dimensional change card sort ; **DNIEM** : Dutch National Institute for Educational Measurement ; **DNPMS** : Dutch National Pupil Monitoring System ; **DST** : Diagnostic Spelling Test ; **EPT** : Extrême pré-terme; **ERC** : Emotion regulation ; **FTF** : Five to Fifteen questionnaire ; **GNG** : Go/No-Go ; **GORT** : Gray Oral Reading Tests ; **K-CPT** : Conner’s Kiddie Continuous Performance Task ; **K-SEALS** : Kaufman Survey of Early Academic & Language Skills ; **K-TEA** : Kaufman Test of Educational Achievement ; **LIPS-R** : Leiter International Performance Scale-Revised (Roid & Miller, 2002) ; **MET** : Mathematics Estimation Test; **MS-CISSAR** : Mainstream version for instructional structure and student academic response (Ecobehavioral assessment software) ; **NEPSY-II** : NEUROPSYchological assessment -II ; **NSI** : Neurosensory impairment ; **OWLS** : Oral and Written Language Scales ; **PAT** : Phonological Abilities Test ; **PT** : pré-terme; **PWRT** : Pseudo-word reading test ; **RAN** : Rapid Automatized Naming task ; **ROCF** : Rey-Osterrieth Complex Figure ; **SART** : Sustained Attention to Response Task ; **SBIS** : Stanford-Binet Intelligence Scales; **SC** : Stockings of Cambridge subtest (CANTAB) ; **SDQ** : Strengths and Difficulties Questionnaire ; **SENq** : Specialized education needs questionnaire ; **SFON** : Spontaneous focusing on numerosity; **SOS** : Sequential order scores (DAS-II) ; **SRT** : Simple Reaction Time ; **SS** : Spatial Span (CANTAB) ; **SST** : Spatial Span Task (Nutley et al., 2009); **SSBS** : School Social Behavior Scale ; **SWM** : Spatial Working Memory (CANTAB) ; **SSWM** : Spatial Span Working Memory (CANTAB) ; **TA** : Trouble d’apprentissage ; **TAAS** : Teachers Academic Attainment Scale ; **TEAM** : Rating of Child Behavior. ; **TEMA-3** : Test for Early Mathematics Ability, Third Edition ; **TIA** : Test of Inhibition and Attention ; **TMT-B** : Trail Making Test – part B ; **ToH** : Tower of Hanoi ; **TOPEL** : Test of Preschool Early Literacy ; **TPT-R** : Trails-Preschool Test—Revised ; **TRCB** : Tester’s Rating of Child Behavior ; **TRF** : Teacher’s Rating Form ; **TRF-P** : Teacher report form-preschool ; **TTA** : Tempo test automatiseren; **VT** : Vitesse de Traitement ; **VWM** : Visuospatial working memory ; **WCST** : Wisconsin Card Sorting Test ; **WIAT** : Wechsler Individual Achievement Test ; **WISC** : Wechsler Intelligence Scale for Children ; **WJ-III** : Woodcock Johnson Tests of Cognitive Abilities, 3rd Edition ; **WJ-III-COG** : Woodcock Johnson Tests of Cognitive Abilities, 3rd Edition ; **WMS-R** : Wechsler Memory Scale – Revised ; **WMTB-C** : Working Memory Test Battery for Children. ; **WPPSI-R** : Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence – Revised ; **WRAT** : Wide Range Achievement Test ; **ZRT** : Zürich Reading

Tableau 14: Méthodologie et apports cliniques des études évaluant conjointement les FE et les apprentissages scolaires dans la prématurité (2000-2020)

Études	Méthodologie de mesures							Apports cliniques				
	Ctrl QI	Modèle théorique	Ctrl Bas niveau	FE Perf	FE EVQ	Sco Perf	Sco Quest	Difficultés exécutives	Lecture	Orthographe	Maths	SEN
Aarnoudse-Moens et al. (2013)	√	√		√	√	√						
Adrian et al. (2020)				√		√						
Akshoomoff et al. (2017)	√			√		√			2% ; 17%	3% ; 22%	3% ; 27%	Retard actuel : 45% ; Maintien : 19% ; IEP : 53%
Baron et al. (2009)	√			√	√	√						
Borchers et al. (2019)	√			√		√						
Bright et al. (2017)	√			√		√		13 à 41%	9 à 20%	8 à 18%	14 à 24 %	
Bucci et al. (2020)	√			√		√			5% ; 8%	6% ; 19%	8% ; 16%	29% (27% EPT ; 30% VPT)
Clark & Woodward (2015)	√	√		√		√						
Costa et al. (2017)	√				√	√		35 à 37%				À 8 ans : 30%
Dai et al. (2020)	√			√	√		√	26 à 66 %	28%	42%	50%	
Farooqi et al. (2013)					√		√	17 à 30%	10 à 14%	23 à 26%		Classe spécialisée : 15%
Farooqi et al. (2016)	√	√		√	√		√	13 à 27%	12 à 17%		17 à 37 %	
Frye et al. (2009)	√			√		√			23 à 26% †			
Grunau et al. (2004)	√			√	√	√			< 10%	< 10%	43 %	
Guarini et al. (2019)	√			√		√			5% ; 24%	5% ; 19%	3% ; 14%	
Hannula-Sormunen et al. (2017)	√			√		√					12 à 32% †	
Hasler & Akshoomoff (2019)	√			√	√	√						
Heeren et al. (2017)	√			√		√						IEP : 53% ; Maintien : 19% ; Classe spécialisée : 21%
Hollebrandse et al. (2020)	√				√	√		15 à 18%	7 à 55%	2 à 45%	1 à 45%	
Jaekel et al. (2013)	√				√	√	√					
Jaekel et al. (2016)				√	√	√						
Johnson et al. (2011)	√			√		√	√		30%		44%	À 11 ans : 62% (vs 11%) si NSI-free* : 43% (vs 11%)

Notes. Les scores à < -2 ET sont en gras ; les scores à < -1 ET sont en police normale.

† Seuil clinique considéré non précisé

(à suivre)

Tableau 14 – Suite

Études	Méthodologie de mesures							Apports cliniques				
	Ctrl QI	Modèle théorique	Ctrl Bas niveau	FE Perf	FE IVQ	Sco Perf	Sco Quest	Difficultés exécutives	Lecture	Orthographe	Maths	SEN
Johnson et al. (2016)	√			√		√	√		7%		12%	55 % (vs 11%)
Joseph et al. (2016)	√			√		√		18 à 34%	14%	14%	17%	
Korzeniewski et al. (2017)	√			√	√	√						IEP : 54% ; Maintien : 19% ; Classe spécialisée : 21%
Libertus et al. (2017)	√			√	√	√						
Litt et al. (2005)	√			√		√						IEP : 12% ; Maintien : 10% ; Tutorat/remédiation : 9%
Litt et al. (2012)	√			√		√			10% (-0,7ET)		28% (-0,7ET)	IEP : 40,3% à 8 ans (vs 7,8%) et 48,6 % à 14 ans (vs 9,6%)
Loe et al. (2012)	√			√	√	√						Ens spé : 28% (vs 0%)
Loe et al. (2014)	√	√		√	√	√		16% ; 25%				
Logan et al. (2017)	√			√		√						IEP : 58% ; Maintien : 20% ; Classe spécialisée : 22%
Logan et al. (2019)	√			√		√						
Marlow et al. (2007)	√			√			√					
Mulder et al. (2010)	√			√			√				27% à 58%	49 % (vs 12%)
Pascoe et al. (2018)	√			√		√						Aide éducative : 40,7% ; Maintien : 5,5%
Pritchard & Woodward (2011)	√	√ (partiel)	√	√		√						
Rickards et al. (2001)	√			√		√	√					Maintien : 15,5 % (vs 2,4%) ; Aides spé Lec : 6,7%, Maths : 3,3%
Rose et al. (2011)		√	√	√		√						
Scott et al. (2017)	√			√		√		14 à 43%	11 % ; 36%	10% ; 26%	15% ; 39%	
Simms et al. (2013)	√			√		√						
Simms et al. (2015)	√			√		√						36% (vs 16%)
Sriram et al. (2018)	√			√		√						
Sullivan et al. (2012)	√			√		√						29%
Tatsuoka et al. (2016)				√		√						Retard d'entrée à l'école : 21% (vs 3%) ; Classe spécialisée : 11%
Taylor et al. (2000)	√			√	√	√	√			8%		Maintien : 22% ; Tutorat/remédiation : 8% ; Ens spé : 27 à 50%
Taylor et al. (2002)	√			√		√						

Notes. Les scores à < -2 ET sont en gras ; les scores à < -1 ET sont en police normale.

(à suivre)

Tableau 14 – Suite

Études	Méthodologie de mesures							Apports cliniques				
	Ctrl QI	Modèle théorique	Ctrl Bas niveau	FE Perf	FE IVQ	Sco Perf	Sco Quest	Difficultés exécutives	Lecture	Orthographe	Maths	SEN
Taylor et al. (2006)	√			√		√		42%	30%	33%	28%	IEP : 38% (vs 11%)
Taylor et al. (2018)	√			√		√						IEP ou suivi paramédical : 48% (vs 17%) ; maintien : 12% (vs 4%)
Taylor et al. (2019)	√			√		√						IEP : 39% (vs 11%) avec 35% de TA et 33% de Tb langage (pas de critère)
Twilhaar et al. (2020)	√			√		√						
van Houdt et al. (2019)	√					√	√					
Wong et al. (2014)	√			√	√		√					
Woodward et al. (2017)	√					√	√		35 %	34 %		

Notes. Les scores à < -2 ET sont en gras ; les scores à < -1 ET sont en police normale.

Ctrl QI : Contrôle du QI ; **Modèle théorique** : Guidage théorique de l'évaluation des fonctions exécutives; **Ctrl Bas niveau** : Contrôle des processus de bas niveau ; **FE Perf** : Mesure d'évaluation des fonctions exécutives basée sur la performance ; **FE IVQ** : Mesure d'évaluation des fonctions exécutives basée sur des indicateurs de vie quotidienne ; **Sco Perf** : Mesure d'évaluation des apprentissages scolaire basée sur la performance ; **Sco Quest** : Mesure d'évaluation des apprentissages scolaires basée sur un questionnaire ou un relevé de note ; **SEN** : Besoin d'éducation spécialisée

Aides spé : Aides spécialisées ; **Ctrl** : Contrôle ; **Ens spé** : Enseignement spécialisé ; **EPT** : Extrême précocité ; **IEP** : Programme éducatif individuel (équivalent américain du Projet Personnalisé de Scolarisation) ; **Lec** : Lecture ; **TA** : Trouble d'apprentissage ; **Tb** : trouble ; **VPT** : Grand précocité

Les 53 études concernent 13398 enfants extrêmes ou grands prématurés (3 études ont un âge moyen > à 32 SA ; et une avec un PN moyen > à 1500g) nés dans les années 1990 ou 2000 (7 études rapportent des résultats d'enfants nés dans les années 1980). Toutefois, ces résultats détaillés laissent apparaître des études sur les mêmes cohortes de suivis (cohorte ELGAN [Akshoomoff et al., 2017; Bright et al., 2017; Heeren et al., 2017; Joseph et al., 2016; Korzeniewski et al., 2017; Logan et al., 2017, 2019; Scott et al., 2017; Sriram et al., 2018], BLS [Jaekel et al., 2013, 2016] ; EPICure [Johnson et al., 2011, 2016; Marlow et al., 2007; Simms et al., 2013]), ou cohortes d'étude (Litt et al., 2005; Taylor et al., 2000, 2002, 2018, 2019). Pour les explorations quantitatives, nous avons soustrait les cohortes en doublon en conservant l'étude la plus représentative de la méthode utilisée. Les 38 études ainsi conservées concernent 5367 enfants prématurés.

Le Tableau 15 regroupe l'ensemble des données descriptives en proposant les données brutes et en tenant compte du retrait des doublons. Les études recensées évaluent des enfants âgés de 5 à 18 ans. Des protocoles de mesures variés et plus de 100 épreuves ont pu être identifiées tant pour l'évaluation des FE que des acquisitions scolaires. Pour la majorité des travaux, une mesure du QI est effectuée et les tâches basées sur la performance sont les plus utilisées indépendamment du domaine. Cependant, dans l'évaluation des FE, le complément d'un questionnaire ou d'une échelle de vie quotidienne est régulier.

Tableau 15: Données sur les méthodologies des études évaluant conjointement les FE et les apprentissages scolaires dans la prématurité

	Données brutes	Après retrait des doublons
Études	n (%)	n (%)
Méthode	<i>n</i> = 53	<i>n</i> = 38
Contrôle QI	47 (88,7 %)	34 (89,5 %)
Référence à un modèle théorique des FE	5 (9,4 %)	5 (13,2%)
Contrôle processus de bas niveau des épreuves exécutives	2 (3,8 %)	2 (5,3%)
Mode d'évaluation des fonctions exécutives		
Tâche basée sur la performance – uniquement	33 (62,3%)	21 (55,3 %)
Échelle de vie quotidienne ou questionnaire – uniquement	6 (11,3 %)	5 (13,2 %)
Combine tâches de performance et échelle de vie quotidienne / questionnaire	14 (26,4 %)	12 (31,6 %)
Mode d'évaluation des apprentissages scolaires		
Tâche basée sur la performance – uniquement	42 (79,2 %)	29 (76,3 %)
Évaluation basée sur un questionnaire ou un relevé de note – uniquement	6 (11,3 %)	6 (15,4 %)
Combine tâche de performance et questionnaire / relevé de notes	5 (9,4 %)	3 (7,9 %)
Composantes des fonctions exécutives évaluées		
	<i>n</i> = 50	<i>n</i> = 38
Inhibition	27 (54 %)	18 (50 %)
Mémoire de travail	37 (74 %)	26 (72,2 %)
Flexibilité	20 (40 %)	13 (36,1 %)
Planification	9 (18 %)	7 (19,4 %)
Attention	19 (38 %)	9 (25 %)
Vitesse de traitement	10 (20 %)	7 (19,4 %)
Échelle ou questionnaire	20 (40 %)	19 (52,8 %)
Nombre de composantes des FE évaluées simultanément		
	<i>n</i> = 43	<i>n</i> = 30
1 FE	13 (30,2 %)	9 (25,0 %)
2 FE	14 (32,6 %)	13 (36,1 %)
3 FE	12 (27,9 %)	4 (11,1 %)
4 FE	4 (9,3 %)	4 (11,1 %)
Domaines des apprentissages scolaires évalués		
	<i>n</i> = 53	<i>n</i> = 38
Lecture	39 (73,6%)	25 (65,8 %)
Orthographe	25 (47,2 %)	16 (42,1 %)
Mathématiques	42 (79,2 %)	28 (73,7 %)
Échelle ou questionnaire	11 (20,8 %)	9 (23,7%)
Nombre de domaines des apprentissages scolaires évalués simultanément		
	<i>n</i> = 46	<i>n</i> = 32
1 discipline	11 (23,9 %)	11 (34,4 %)
2 disciplines	10 (21,7 %)	5 (15,6 %)
3 disciplines	25 (54,3 %)	16 (50 %)

Concernant les données scolaires, les méthodes semblent privilégier une évaluation de l'ensemble des trois grandes disciplines scolaires, même si certaines études se centrent sur l'évaluation d'une seule (notamment les mathématiques). L'orthographe apparaît la discipline la moins régulièrement étudiée en comparaison des autres, tout en restant incluse dans près d'un protocole sur deux. Les études rapportent des prévalences de difficultés scolaires concernaient entre 2 et 58% des enfants inclus. Les données laissent apparaître des taux de prévalence relativement similaires quelle que soit la discipline scolaire (de 10 à 30% des échantillons), même si les difficultés en mathématiques semblent les plus fréquentes (jusqu'à 58% de l'échantillon pour Mulder et al., 2010). Toutefois, il convient de noter la variabilité des seuils clinique pour considérer la présence de difficulté qui s'étend de -0,7 ET à -2 ET.

Les protocoles d'évaluation des FE se concentrent principalement sur une à deux composantes, la MT étant la plus évaluée, suivie de l'inhibition et dans une moindre mesure de la flexibilité. La planification est en revanche nettement moins évaluée, à l'instar de l'attention et de la vitesse de traitement également considérées ici. Des prévalences de difficultés de 13 à 66% ont été retrouvées dans les échantillons. Les critères et seuils cliniques choisis varient et certains auteurs considèrent les difficultés lorsqu'elles sont supérieures à -1 ET et d'autres à partir de -2 ET. À travers la littérature, des taux de prévalence de 15 – 30% de difficultés exécutives sont régulièrement rapportés quelle que soit la composante étudiée (inhibition, MT, flexibilité, attention et vitesse de traitement). Une seule étude montre des résultats en planification avec 20% de difficultés misent en évidence (Farooqi et al., 2016). Ces données rappellent d'une part la vulnérabilité importante des enfants nés prématurés et les risques qu'ils ont de développer des TND.

Chez les anciens prématurés, plusieurs études montrent de manière plus ou moins directe que les déficits exécutifs impactent les résultats scolaires (Akshoomoff et al., 2017; Clark & Woodward, 2015; Costa et al., 2017; Joseph et al., 2016; Loe et al., 2012; Pascoe et

al., 2018) et notamment chez les prématurés présentant un très faible PN (Farooqi et al., 2016; Johnson et al., 2011; Korzeniewski et al., 2017; Litt et al., 2005). De manière plus spécifique, certaines études mettent en évidence que les compétences en MT possèdent un lien particulier avec le niveau scolaire. Des corrélations modérées sont rapportées entre cette dimension exécutive et le niveau scolaire global (Mulder et al., 2010) ou la réussite en mathématiques (Aarnoudse-Moens et al., 2013). Aussi, les déficits de MT et de traitement visuospatial seraient associés tant aux difficultés en mathématiques (Rose et al., 2011; Simms et al., 2015) qu'à celles de compréhension à l'écrit (Borchers et al., 2019; Twilhaar et al., 2020).

L'inhibition serait également une dimension exécutive largement associée à la réussite scolaire. Des relations modérées sont retrouvées avec l'ensemble des domaines d'apprentissages (Mulder et al., 2010), l'orthographe (Bucci et al., 2020) ou encore les mathématiques (Simms et al., 2015; Twilhaar et al., 2020). Les données concernant l'interaction inhibition – lecture apparaissent plus fragiles et ne semblent pas montrer de relations significatives (Twilhaar et al., 2020).

La flexibilité et la planification sont moins étudiées que les deux autres dimensions exécutives et il est plus complexe de comprendre leurs relations avec la réussite académique. Ces mesures sont généralement agrégées à d'autres dimensions dans des notes exécutives composites limitant les possibilités d'analyses plus précises (Borchers et al., 2019; Bright et al., 2017; Marlow et al., 2007). Cependant, des relations significatives entre la flexibilité et les apprentissages ont pu être mises en évidence ($r = .35$ et $.59$; Mulder et al., 2010).

Les difficultés exécutives évaluées étant relativement stables dans le temps (Costa et al., 2017), elles prédiraient les déficits scolaires ultérieures (Dai et al., 2020; Heeren et al., 2017; Litt et al., 2012). Ainsi, une plus faible performance aux tâches de flexibilité serait prédictive d'une faible réussite dans l'ensemble des domaines scolaires ($OR : 4,14$ à $9,27$; (Dai et al., 2020). De plus, les résultats des FE à 6 ans expliqueraient le niveau de lecture à 8 ans (Borchers

et al., 2019) et les capacités d'attention mesurées à 6 ans prédiraient les résultats scolaires à 13 ans (Jaekel et al., 2013). Sur un décours temporel plus large, Johnson et al. (2011) ont identifié que les facteurs néonataux (développement cognitif, périmètre crânien) à 30 mois prédiraient les résultats scolaires à 6 puis 11 ans. Aussi, ils ont montré que les difficultés spécifiques en compétences visuospatiales et/ou en suppression de phonèmes à 6 ans permettraient de prédire les difficultés en mathématiques et en lecture à 11 ans.

Les SEN identifiés sont nombreux et des besoins spécialisés sont nécessaires pour 3,3% à 62% des enfants des échantillons inclus. Cela se matérialise notamment par des redoublements plus fréquents (5,5 % à 22%), des besoins d'enseignements en classes spécialisées (11 à 28%) inclus dans des Plans d'éducation individualisé (*Individualized Educational Plan* – IEP ; équivalent américain du Projet Personnalisé de Scolarisation en France ; 38% à 58%). Les SEN identifiés montrent un large éventail de besoins (de Jong et al., 2012; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). Ainsi, sous la même étiquette de SEN, se retrouvent des besoins très variés allant du tutorat en classe à des maintiens, des orientations en classes spécialisées (équivalent français des dispositifs : Unités localisées pour l'inclusion scolaire) aux prises en soins en orthophonie et en psychomotricité ou les psychothérapies. Les prévalences de besoins sont donc très variables selon les échantillons et il reste complexe de définir une image précise des SEN des enfants nés prématurés du fait de la variabilité des critères.

L'hétérogénéité des études et les critères d'inclusion de cette revue systématique limitent l'évaluation des relations entre les deux domaines que sont les apprentissages scolaires et les FE. Il convient alors d'appliquer des critères d'inclusion plus restrictifs (afin de permettre la comparaison) et d'analyser plus précisément les données quantitatives transmises dans ces études. Nous allons par la suite présenter un travail de méta-analyse est sous la forme d'une reproduction d'un article en anglais soumis à une revue à comité de lecture à audience internationale, mené à partir de cette première revue systématique de la littérature.

4.3. Méta-analyse des associations entre les FE et les apprentissages scolaires

Associations between executive functions and academic achievement in children born preterm: Systematic review and meta-analysis

Olivier Cadeau^{*1}, Jean-Baptiste Muller^{1,2}, Jérémie Riou^{3,4} & Arnaud Roy^{1,5}

¹ Psychology Laboratory (EA4638), University of Angers, Angers, France

² Department of Neonatal Medicine, Nantes University Hospital, Nantes, France

³ *Translational* Micro and Nanomedicine (MINT) Laboratory, Angers University - INSERM - CNRS, Angers, France

⁴ Methodology and Biostatistics Department, Angers University Hospital, Angers, France

⁵ Reference Centre for Learning Disabilities, Nantes University Hospital, Nantes, France

* Address for correspondence: olivier.cadeau@univ-angers.fr

4.3.1. Abstract

AIM: To investigate the associations between executive functions and academic achievement in children born preterm, and the impact of medical and sociodemographic moderators on these associations.

METHOD: We searched PubMed, APA PsycArticles, PBSC, and Web of Science for articles published that assessed executive functions, academic achievement, and the associations between the two, in children born before 37 weeks' gestation with a mean age of 6-18 years. The review protocol was registered with PROSPERO (CRD42021245378).

RESULTS: Findings indicated executive function difficulties (-0.51 SMD) and lower academic achievement (-0.61 SMD) in children born very or extremely preterm, with significant correlations between the two ($r = 0.19-0.65$). IQ, sex, birth weight, and year of birth moderated these associations, but not gestational age or age at assessment.

INTERPRETATION: Results showed that children born very or extremely preterm are at greater risk of developing executive function difficulties that are associated with lower academic achievement. Furthermore, these associations are influenced by several medical and sociodemographic factors. Identifying and considering these different dimensions is essential if we are to make the necessary educational adaptations and promote children's wellbeing.

What this paper adds

- Small to large associations between executive functions and academic achievement in children born very or extremely preterm are found.
- IQ, sex, birth year, and birth weight moderate associations between executive functions and academic achievement.

Abbreviations

SEN: special educational needs

SMD: standardized mean difference

4.3.2. Introduction

Numbers of premature births (before 37 weeks of amenorrhea) are increasing worldwide.¹⁻³ Research has shown that prematurity has a lasting impact on children,⁴ affecting a wide range of cognitive dimensions such as language,^{5,6} intelligence,⁷⁻¹¹ visuospatial processing,¹² and behavioural and emotional adjustment,^{13,14} from an early age.^{10,15-17} It is commonly accepted that in children born preterm, impairment of executive functions, defined as higher-order cognitive processes used in unusual activities, occurs early and is longlasting. It concerns all executive components, including inhibition, working memory, and flexibility.^{7,18-21} Children born preterm are also at greater risk of developing academic difficulties, and have far greater special educational needs (SEN) than the general population.^{7,18,22-24} Medical and perinatal factors, particularly gestational age and birth weight, as well as neurological complications, remain important explanatory factors for outcome and long-term consequences.^{25,26} However, the influence of perinatal factors (especially gestational age) appears to diminish over time as environmental ones become more important. Thus, male sex, parental education, and socioeconomic status become increasingly influential after 5 years.²⁷ Finally, a recent review showed that the prevalence of all executive function difficulties and lower academic achievement is increasing worldwide,²⁸ underlining the long-term consequences of preterm birth despite major advances in intensive perinatal healthcare.²⁹

Executive Functions

Executive functions is an umbrella term that encompasses all the control processes and high-level neurocognitive skills involved in unusual and goal-directed activities.³⁰⁻³² Inhibitory control, working memory, and flexibility are usually identified as the three core cognitive components of executive functions, corresponding to Diamond's recent theoretical framework to which we refer in this study.³¹ Diamond highlighted the

differentiated and asynchronous development of each of these components, as well as their increasingly complex relations. These three core components underpin the establishment of higher level executive functions such as reasoning, problem solving, and planning. In view of the preterm literature,^{25,33–63} we also considered processing speed, sometimes viewed as an independent executive factor,⁶⁴ or as a factor underlying the variance of executive functions.⁶⁵

Several meta-analyses have highlighted a consensus in the literature that children born preterm have difficulty with tasks involving the different components of executive functions. Working memory is the dimension that has been studied the most, with working memory difficulties in preterm samples ranging from -0.36 to -0.60 standardized mean difference (SMD).^{7,10,18,21} Inhibition deficits range from -0.25 to -0.39 SMD,^{20,21} and cognitive flexibility and processing speed deficits from -0.49 to -0.51 SMD.^{7,18,19,21} Planning has received less attention, but Mulder et al. reported deficits of -0.38 SMD.²⁰ Focusing their analysis solely on parents' complaints, expressed in the Behavior Rating Inventory of Executive Functions-Preschool version, Arpi et al. showed that these executive functions difficulties are also found in higher levels than in children born at term (0.49 SMD).¹⁰

Academic Achievement

Academic achievement encompasses a wide array of content, and performance outcomes in elementary school concern reading, spelling, and mathematics.⁶⁶ Each domain can be subdivided, and encompasses multiple taxonomies and outcomes. For instance, reading skills can be examined in terms of decoding, fluency, or reading comprehension. Similarly, mathematic skills can be evaluated in terms of calculation, mental arithmetic, or problem solving.⁶⁷

Previous meta-analyses have revealed deficits in children born preterm of -0.44 to -0.61 SMD for reading and its processes,^{7,22,23} -0.52 to -0.76 SMD for spelling skills, and -0.60 to -0.71 SMD for mathematics.^{7,18,22} In their meta-analysis, McBryde et al. found poorer performances for children born preterm, with a difference in reading processes of about 5-10 points and a difference in mathematics domains of approximately 7-13 points on standardized scales.²⁴ Although these results mainly concerned extremely or very preterm children, the same appears to be true for late preterm children.⁶⁸

Associations Between Executive Functions and Academic Achievement

Executive functions influence school learning in typical development,^{67,69-74} as well as in paediatric conditions such as phenylketonuria,⁷⁵ neurofibromatosis type 1,⁷⁶ brain tumour,⁷⁷ and absence epilepsy.⁷⁸ Similarly, in preterm birth, disruption of executive functions has consistently been shown to lead to impaired academic achievement in language, reading, spelling, and mathematics.^{33,36,39,45,50,53,56,60} Although there have been several meta-analyses concerning the impact of preterm birth on executive functions,^{7,10,18-21} or academic achievement,^{7,18,22-24} these fields have been studied separately. Several studies have attempted to find associations between the two, but to our knowledge there has yet to be any meta-analysis on these associations.

This overview has highlighted several questions that we sought to explore in this systematic review and meta-analysis. Our main objective was to determine the associations between executive functions and academic achievement. A secondary objective was to assess whether certain medical or sociodemographic moderators (medical, perinatal, or environmental factors) influence these associations.

4.3.3. Method

The review protocol was registered with the PROSPERO international prospective register of systematic reviews (CRD42021245378). The guidelines published by the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) group were followed in the design and reporting of this meta-analysis⁷⁹ (Fig.1).

Study Selection

A systematic research was conducted using four electronic databases (Web of Science, APA PsycArticles, PBSC, and PubMed) for articles published between 1 January 2000 and 31 December 2020. A dual search strategy was applied. We conducted a simple search in current language and an advanced Boolean search, adapted from van Houdt et al.,²¹ using the following keywords: "preterm", "premature", "neonates", "birth weight", "school-age", "executive functions", "dysexecutive functions syndrome", "executive control", "school outcomes", "academic achievement", "academic performance", and "learning disabilities" (see complete keyword and search strategy in Supplemental material – voir en Annexe 2, p.343).

Inclusion Criteria

The article inclusion criteria were (a) children born prematurely (< 37 weeks) (b) with a mean age of 6-18 years (c) and assessed with at least one measure identified by the authors as measuring executive functions and (d) at least one measure of academic performance, (e) focus on associations between executive functioning and academic achievement, and (f) published in a peer-reviewed journal without language restriction. In the case of identical cohorts, we retained the article with the earliest publication date.

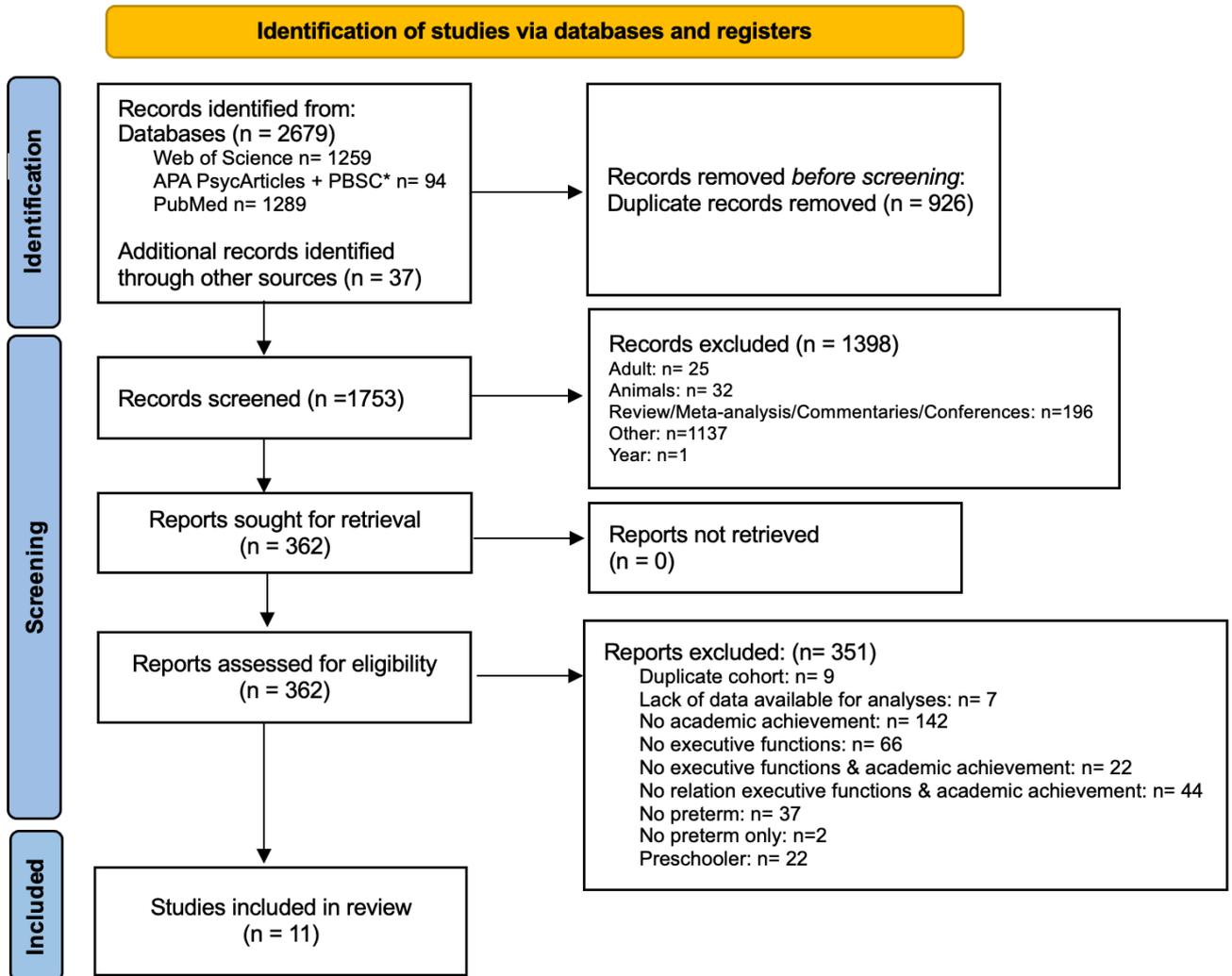


Fig. 1: PRISMA flow diagram of the study selection process for systematic review and meta-analysis

Study Quality

Each study was independently assessed by two authors (OC, JBM) using the Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale.⁸⁰ The maximum score of 9 points indicates a low risk of bias. Differences were discussed until agreement was reached.

Measures

For the purpose of the current meta-analysis, we divided the executive functions into six domains. We considered sets of tasks that addressed aspects of one of the three core executive components in Diamond's model, namely inhibitory control (including selective/focused attention, likewise proposed by the model), working memory and cognitive flexibility, as well as a higher level ability (i.e., planning).³¹ Based on the preterm literature,^{25,33–63} we also considered processing speed and composite measures of executive functions (i.e., cross-cutting indicators that do not refer to a single executive component but combine composite scales and behaviour-related executive functions).

Furthermore, referring to published meta-analyses,^{7,18,22} we considered three main academic subjects (i.e., reading, spelling, mathematics), plus an overall academic measure (including academic achievement rating scale or school report).

We considered four types of moderators: intellectual quotient (IQ), and medical, perinatal and environmental factors. Medical factors included multiple birth, small for gestational age, neurological injury, bronchopulmonary dysplasia, retinopathy of prematurity \geq Grade 3, and neurosensory impairment. Perinatal factors included gestational age, birth weight, year of birth, age at assessment, and sex. Environmental factors were socioeconomic status and parental education (see eTables 1 & 2 in Supplemental material – voir en Annexe 2).

Data Extraction

Data on executive functions, achievement, moderators, and perinatal characteristics were extracted independently by all authors. Executive functions measures were coded separately in accordance with Diamond's model.³¹ Means and standard deviations were extracted for each group (preterm and control) and treated as latent continuous variables. If

studies reported on subgroups of children born preterm/low birthweight, subgroup data

were pooled using the following formula: $\bar{X}_{pooled} = \frac{(\bar{x}_1 * n_1) + (\bar{x}_2 * n_2)}{(n_1 + n_2)}$ and $\sigma_{pooled} =$

$$\frac{\sqrt{((n_1 - 1) * \sigma_1^2) + ((n_2 - 1) * \sigma_2^2)}}{(n_1 + n_2 - 2)} \quad (\bar{x} = \text{mean for each group; } \sigma = \text{standard deviation for each group,}$$

$n = \text{number of children in each group}$).⁸¹ Pooled data were only used in descriptive analyses. We decided to keep the samples as defined by authors as far as possible, to respect the preterm profiles.

We extracted Pearson correlation coefficients between executive functions and academic achievement for the preterm groups from the original articles or, if they were unavailable, from the authors. If studies used different preterm samples, we extracted separate correlations for each group. To take account of the different executive functions measures and scoring procedures used, values were recorded such that higher performances corresponded to higher task scores. For the correlations, higher executive performances corresponded to higher academic achievements. Given that for measures based on timed scores or scales, higher scores are indicative of poorer performance, and would thus be expected to correlate negatively with measures of academic achievement, we recorded correlations for these measures as positive values, to correct for differences in scoring procedures and make the findings easier to interpret.

Statistical Analyses

All analyses were conducted in R 4.3.0⁸² on RStudio desktop (2023.03.1+446), using the metafor package.⁸³ We produced a descriptive summary of the findings of the included articles, structured around clinical context, executive domain, and academic subject. For the sample correlation coefficients, we converted the scores to Fisher's z values, ensuring that the effect size variance would be based on sample size.^{84,85} Effect sizes were calculated for the overall association between executive functions and academic

achievement, and for associations between individual executive domains and academic subjects, based on a generalized linear mixed-effects model. Cohen's criteria were employed to interpret effect sizes: small ($d = 0.2$, $r = 0.1$), medium ($d = 0.5$, $r = 0.3$), or large ($d = 0.8$, $r = 0.5$).⁸⁶ The presence of between-sample heterogeneity was estimated with Cochran's Q test.⁸⁷ To quantify the percentage of total dispersion due to between-sample variability, we computed the I^2 index. An I^2 index close to 25%, 50% or 75% corresponded to low, medium, or high heterogeneity.⁸⁸ When the Q statistic was consistent with significant heterogeneity, we performed a meta-regression. The Type-I error rate was set at 0.05.

We ran univariate and multivariate meta-regressions to determine whether variations in the estimates of the association between preterm birth status and executive and academic outcomes were explained by differences in clinical, contextual, or medical variables. Sensitivity analyses of gestational age, birth weight, and year of birth were also undertaken with Cochran's Q tests and generalized linear mixed-effects models.

Potential for publication bias was tested in two ways. First, Orwin's fail-safe N ⁸⁹ was calculated for each combined effect size, and second, Pearson's correlation coefficients were calculated between study effect sizes and study sample sizes. Significant negative correlations would indicate that small studies with significant results were published more often than small studies with nonsignificant results, as has been shown to be the case in 80% of meta-analyses.⁹⁰

4.3.4. Results

Characteristics and Demographics of Study Samples

Tables 1 and 2 provide demographic data and details of the measures used in the studies we included (see also eTable 1 in Supplemental material – voir en Annexe 2). Of the

2679 articles yielded by the database searches, 18 were identified as meeting all the inclusion criteria. For seven of them, no Pearson's correlations could be obtained for the subgroups, despite contacting the authors.^{33,39,41,49,50,56,91} We finally included 11 studies involving 2282 children (1314 children born preterm, 968 controls), extracted 68 mean effect sizes, and 187 effect size correlations. Scores on the Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale⁸⁰ for the 11 studies in the final sample ranged from 7 (= reasonable quality) to 9 (= highest possible rating). The mean and median scores were 8. Studies received lower ratings in two major areas: comparability of cohorts without controlling for age or socioeconomic status ($k = 5$), and ascertainment of exposure ($k = 2$) for interview not blinded to case/control status or no description available (see Table 1).

Six studies evaluated outcomes for a mean gestational age below 28 weeks, and five for a mean gestational age between 28 and 30 weeks. Four studies reported measures from samples with a mean birth weight below 1000 g, eight from samples with a mean birth weight below 1300 g, and for two studies, mean birth weight was not available. Therefore, that data analysed here concerned very and extremely preterm babies (weighted mean gestational age = 27.8 weeks, $SD = 1.67$, range = 25–30.5) and babies with a very low birth weight (weighted mean = 1003.3 g, $SD = 263.69$, range = 810–1303) assessed at a weighted mean age of 9.6 years ($SD = 0.7$, range = 6.1–13.3). Control group samples (in nine studies) had a weighted mean gestational age of 38.7 weeks ($SD = 0.99$, range = 36–39.9; $k = 4$) and a weighted mean birth weight of 3396.2 g ($SD = 473.65$, range = 3300–3653 g; $k = 5$) assessed at a weighted mean of 8.8 years ($SD = 0.55$, range = 6.1–13.3; $k = 7$). The mean percentage of girls was 51% for children born very or extremely preterm ($k = 10$) and 55% for controls ($k = 8$).

Concerning children born very or extremely preterm, moderators (medical, social, and parental education) were extracted from the studies. Regarding the available medical

factors, 20% of the children concerned were multiple pregnancies, 15% were small for gestational age, 5% had a diagnosis of neurological injury (e.g., intraventricular haemorrhage Grade 3-4 or periventricular leukomalacia), almost 16% had bronchopulmonary dysplasia, and 11% had a diagnosis of neurosensory impairment (cerebral palsy or severe visual, hearing or motor impairment) (see eTables 1 and 2 in Supplemental material). For social context and parental education, 48% of children had a low socio-economic status, and 48% had high maternal education. Across the samples, 39% of children born very or extremely preterm on average (range = 29-49%) had SEN resulting in school support, educational assistance, grade repetition or individual education program (see eTables 1 and 3 in Supplemental material – *voir en Annexe 2*).

Regarding the executive measurement protocols, studies used a wide range of methodologies (see eTables 4-7 in Supplemental material). None of them referred to a theoretical model of executive functions or controlled for low-level processes involved in performances on executive tasks. None simultaneously assessed all the executive domains described in Diamond's model. Seven assessed two or three core components, but three focused on just one. Working memory was the most frequently assessed domain (73%), followed by inhibition (36%). Flexibility and planning were only explored in one study. Almost all methods featured performance tasks (91%), 18% used rating scales, and one study combined the two. Working memory and inhibition were the only core components assessed with multiple tests to encompass their different facets, and verbal and nonverbal tasks were only used in the same protocol to assess working memory.

Regarding academic measurement protocols, 82% of included studies exclusively used standardized performance tests (i.e., WIAT, WRAT or WJ scales). Five studies (45%) simultaneously assessed the three classic academic subjects. Mathematics was assessed in 72% of studies, reading in 64%, and spelling in 45%. Finally, two studies used the

Teacher's Academic Achievement Scale, and one combined performance and rating scale measures (see eTables 4 and 5 in Supplemental material – voir en Annexe 2).

Table 1: Demographic characteristics of preterm children included in the studies.

Study	Study quality	Country	Birth Year	Preterm				
				<i>n</i>	Girls- %	Mean gestational age in weeks (SD)	Mean birth weight in g (SD)	Mean age at assessment in years (SD)
Borchers et al. (2019) ³⁶	9	USA	2004-2012	48	37.5	29.23 (2.15)	1282 (432.03)	6.13 (0.19)
Bucci et al. (2020) ¹¹⁶	8	Italy	1997-2007	82	45	29.25 (1.42)	1271.2 (328.12)	9.44 (0.94)
Jaekel et al. (2013) ⁴⁵	8	Germany	1985-1986	281	48	30.5 (2.3)	1303 (313)	6.3 → 13
Libertus et al. (2017) ⁴⁸	7	Sweden	2004-2007	82	46	25.5 (0.9)	834 (152)	6.5 (NA)
Marlow et al. (2007) ⁵²	7	UK + Ireland	1995	180	55	<25	NA	6.33 (NA)
Mulder et al. (2010) ⁵³	8	UK	1997-1999	48	NA	27.6 (1.8)	NA	9.75 (0.33)
Pascoe et al. (2018) ¹¹⁷	8	Australia	2005	91	57.1	27.1 (2.1)	866 (174)	7.6 (0.4)
Simms et al. (2015) ⁵⁸	9	UK	2001-2003	115	45.2	28.57 (2.01)	1213.2 (365.41)	9.7 (0.69)
Taylor et al. (2002) ¹¹⁸	9	USA	1982-1986	116	69.47	27.47 (2.03)	904.81 (135.97)	11.2 (1.4)
Taylor et al. (2006) ²⁵	8	USA	1992-1995	219	59	26.4 (2)	810 (124)	8.7 (0.6)
Twilhaar et al. (2020) ⁶⁰	8	The Netherlands	2001-2003	52	50	29.36 (1.47)	1278.6	13.32
Weighted mean (SD) or sum	8.09			1314	51.23	27.80 (1.67)	1003.33 (263.69)	9.56 (0.73)

Study quality: Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale

NA = not available

* Divided into groups in the original article. Weighted *M* (SD) used here.

Table 2: Summary of studies published between 2000 and 2020 that included measures of executive functions and school tasks in school-aged children born prematurely.

Study	Executive functions			Academic achievement		Significant associations between executive functions and academic achievement
	Significant differences from controls or test norms		No significant differences from controls or TNs	Significant differences from controls or test norms	No significant differences from controls or TNs	
Borchers et al. (2019) ³⁶	Planning, working memory CANTAB (SS; SSWM)			CANTAB (SC)	Reading GORT	Executive composite factor with each academic domain (.39-.53)
Bucci et al. (2020) ¹¹⁶	Inhibition, working memory				Reading, spelling, mathematics	Inhibition and spelling (.30) Working memory and all academic performances (.23-.48).
	Early preterm group	Bell test (sustained)	Verbal Digit, Corsi's Block Tapping span, Bell test (selective)		BDDD (nonword speed), BDE test, AC-MT test (written calculation, accuracy)	
	Very preterm group		Verbal Digit, Corsi's Block Tapping span, Bell test			BDDD, CMT, AC-MT test, BDE Test
Jaekel et al. (2013) ⁴⁵	Composite measure				Reading, spelling, mathematics, school reports	All composite executive measures and overall achievement at 8.5 years (.45-.66) and with mathematics at 13 years (.28-.40).
	TRCB, TEAM, CBCL				ZRT, PWRT, DST-2, mathematics, arithmetic, school reports	
Libertus et al. (2017) ⁴⁸	Working memory, composite measure				Mathematics	Working memory and composite measure correlate with mathematics achievement (.25-.50).
	WISC-IV, BADDS				ANS, Panamath, WISC-IV	
Marlow et al. (2007) ⁵²	Composite measure				Composite measure	Executive factor. maths and reading had marginally significant associations (.38-.40).
	NEPSY				TAAS	
Mulder et al. (2010) ⁵³	Inhibition, flexibility, working memory, processing speed				Composite measure	All executive domains had low to moderate correlations with composite academic measure (.30-.61).
	NEPSY, TEACH, WISC-IV				TAAS	
Pascoe et al. (2018) ¹¹⁷	Working memory				Reading, spelling, mathematics	Working memory had a moderate to strong association with AA (.50-.77).
	WMTB-C (Mazes Memory)		WMTB-C, AWMA		WRAT-IV	
Simms et al. (2015) ⁵⁸	Inhibition, working memory, Processing speed				Mathematics	All EF had low to moderate associations with mathematics (.19-.64).
	AWMA		NEPSY-II (Inhibition), RAN		Composite (8 specific tasks), WIAT	
Taylor et al. (2002) ¹¹⁸	Working memory				Reading, mathematics	WM had moderate associations with reading and mathematics achievement (.62-.65).
	< 750 g	CELF-R			WJ-R, WIAT	
	750-1499 g		CELF-R		WJ-R, WIAT	
Taylor et al. (2006) ²⁵	Composite measure				Reading, spelling, mathematics	Composite measure and academic achievement (.65-.70).
	NEPSY				WJ-III	
Twilhaar et al. (2020) ⁶⁰	Inhibition, working memory, processing speed				Reading, spelling, mathematics	Working memory and processing speed and all academic performances (.37-.50), but inhibition had just a marginally significant correlation with mathematics (.35).
	SST, ANT (Alerting), SART, ASRT		ANT (Orienting, Executive), SRT		DNIEM (reading comprehension, arithmetic)	

Notes. **AC-MT**: Cornoldi Calculation Ability; **ANS**: approximate number system; **ANT**: Attention Network Task (Posner & Petersen, 1990); **ASRT**: Alternating Serial Reaction Time task (Howard & Howard, 1997); **AWMA**: Automated Working Memory Assessment; **BADDS**: Brown Attention Deficit Disorder Scales; **BDDD**: Battery for Dyslexia and Developmental Dysorthography; **BDE**: Battery for Developmental Dyscalculia (Biancardi & Nicoletti, 2004); **CANTAB**: Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery; **CBCL**: Child Behavior Checklist; **CELF**: Clinical Evaluation of Language Fundamentals; **CMT**: Cornoldi Memory and Training; **DNIEM**: Dutch National Institute for Educational Measurement; **DS**: Digit Span (WISC); **DST-2**: Diagnostic Spelling Test 2 (Müller, 1983); **EP**: extremely preterm; **GORT**: Gray Oral Reading Tests; **NEPSY**: NEUROPSYchological assessment; **PWRT**: Pseudo Word Reading Test (Schneider et al., 2004); **RAN**: Rapid Automatized Naming Task; **SART**: Sustained Attention to Response Task (Robertson et al., 1997); **SC**: Stockings of Cambridge subtest (CANTAB); **SRT**: simple reaction time; **SS**: Spatial Span (CANTAB); **SST**: Spatial Span Task (Nutley et al., 2009); **SSWM**: Spatial Span Working Memory (CANTAB); **TAAS**: Teachers Academic Attainment Scale; **TEACH**: Test of Everyday Attention for Children; **TEAM**: Rating of Child Behavior; **TRCB**: Tester's Rating of Child Behavior; **VP**: very preterm; **WIAT**: Wechsler Individual Achievement Test; **WISC**: Wechsler Intelligence Scale for Children; **WJ**: Woodcock Johnson Tests of Cognitive Abilities; **WMTB-C**: Working Memory Test Battery for Children (Pickering & Gathercole, 2001); **WRAT**: Wide Range Achievement Test; **ZRT**: Zürich Reading Test (Grissmann, 2000).

Analyses of Executive Functions, and Academic Achievement

To pinpoint the difficulties encountered by children born very or extremely preterm, and validate the population studied here, we first conducted a meta-analysis analysing executive functions, and academic achievement. Analyses revealed that children born very or extremely preterm performed more poorly than controls on executive functions measures (-0.51 SMD, 95% CI [-0.61, -0.42], $p < 0.001$) and on academic achievement (-0.61 SMD, 95% CI [-0.70, -0.52], $p < 0.001$). The SMD measures were heterogeneous ($Q_M[2] = 292.53$, $p < 0.001$, $\tau^2 = 0.05$), and between-studies variance was moderate ($I^2 = 71.3\%$) (investigation of heterogeneity and possible publication bias; complete analyses of subgrouping for each executive functions components [ranged -0.35 to -0.64 SMD], each academic domain [ranged -0.45 to -0.97 SMD], and meta-regressions are available in supplemental material – voir en Annexe 2).

Correlation Analyses

Initial investigations of heterogeneity revealed one outlier, which was removed from further analyses. Without this outlier, the data and observed effect sizes were normally distributed (see eFigure 4 in Supplemental material – voir en Annexe 2).

Meta-analyses revealed significant correlations between executive functions and academic achievement (n effect size = 186, $r = 0.29$ [$SE = 0.021$], $z = 14.30$, $p < 0.001$, 95% CI [0.25, 0.33]) in a heterogeneous set of studies ($Q[185] = 889.26$, $p < 0.001$). Between-studies variance was high ($I^2 = 78\%$).

To isolate each relation, we examined each specific executive function in relation to specific academic domains ($Q[5] = 312.39$, $p < 0.001$, $I^2 = 71.9\%$, $\tau^2 = 0.04$). The results of inverse analyses (i.e., specific academic domains in relation to separate executive functions) are available in Supplementary Material. Inhibition was the domain with the weakest associations ($r = 0.15$, CI [0.09, 0.21], $p < 0.001$, n effect size = 74), followed by working memory ($r = 0.34$, CI [0.29, 0.39], $p < 0.001$, n effect size = 81), processing speed ($r = 0.39$, CI [0.28, 0.49], $p < 0.001$, n effect size =

14), and the composite executive functions measure ($r = 0.50$, CI [0.41, 0.58], $p < 0.001$, n effect size = 14), which was most strongly associated with academic achievement. A single study provided results for flexibility ($r = 0.42$, CI [0.15, 0.63], $p = 0.0002$, n effect size = 3). Planning could not be analysed because there were no correlation data in the studies we included. Inhibition and working memory results were the most reliable, as they included the largest number of effect sizes (see eFigure 5 in Supplemental material– voir en Annexe 2).

Pairwise meta-analyses of executive functions and academic achievement ($Q[17] = 433.17$, $p < 0.001$, $I^2 = 65.4\%$, $\tau^2 = 0.03$) revealed small to large significant correlations ($r = 0.19-0.65$) (see Fig. 2). All correlations were significant except for the associations between inhibition and reading or overall academic achievement, and between processing speed and reading or spelling. The associations for which we had the largest amount of data were the most interesting, such as those between inhibition and spelling ($r = 0.19$, $p = 0.009$) or mathematics ($r = 0.24$, $p < 0.001$), between working memory and reading ($r = 0.19$, $p < 0.001$), spelling ($r = 0.27$, $p < 0.001$) or mathematics ($r = 0.47$, $p < 0.001$), and between processing speed and mathematics ($r = 0.38$, $p < 0.001$).

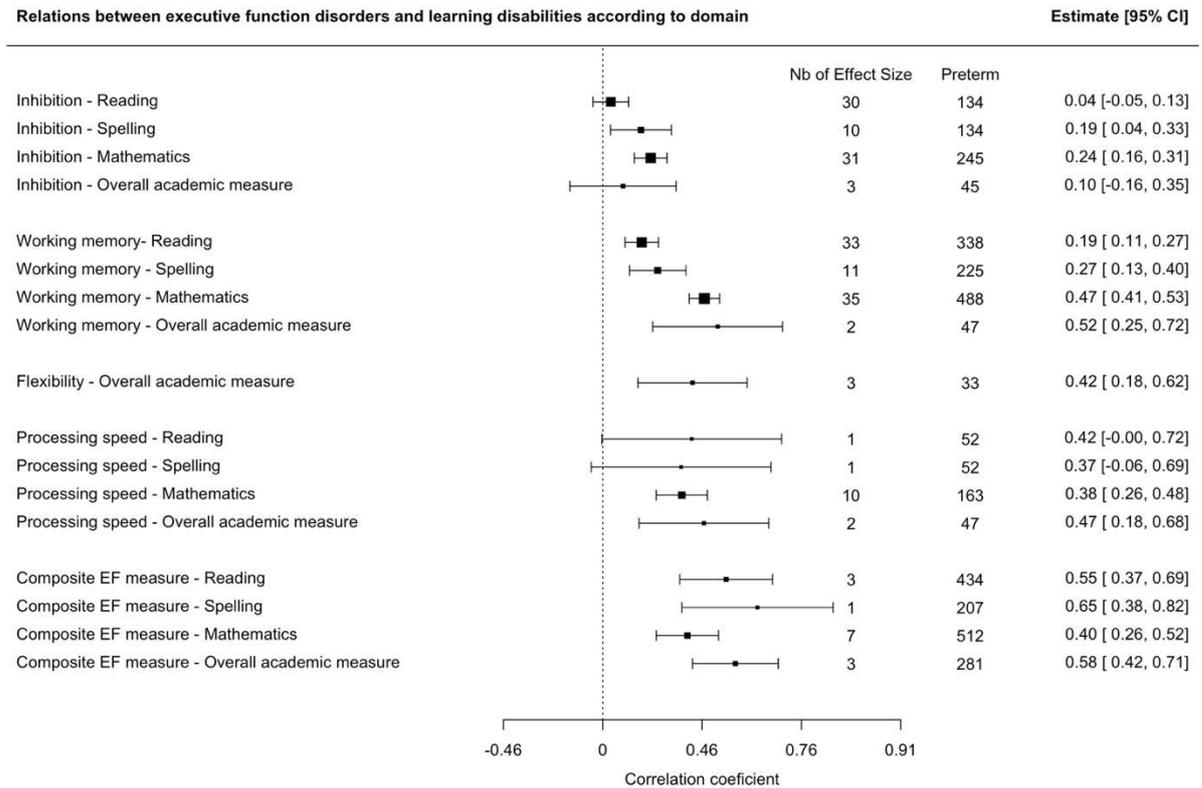


Figure 2: Forest plot - Associations between executive functions and academic achievement according to domain

Publication bias

Analyses for the presence of publication bias revealed an asymmetric funnel plot, but significant Begg's ($\tau = -0.22, p < 0.001$) and Egger's ($z = -6.42, p < 0.001$) tests and Pearson's correlation coefficients slightly reduced this bias ($r = 0.45, p < 0.001, 95\% \text{ CI } [0.32, 0.56]$) (see eFigure 7 in Supplemental material). Calculation of Orwin's fail-safe N indicated that 159 effects with an effect threshold below $r = 0.150$ would need to be found and incorporated into the analysis to reduce the overall effect, suggesting that a bias was still likely. To address this possible publication bias, we imputed potentially missing studies following Duval and Tweedie⁹² and informed by results of the Begg's rank correlation test. This imputed 46 effects ($SE = 8.89$) to the right of the mean estimate and adjusted the overall model ($k = 232, r = 0.40 [SE = 0.02], z = 18.006, p < 0.001, 95\% \text{ CI} = [0.36, 0.45]$) (see eFigure 8 in Supplemental material – voir en Annexe 2).

Meta-regressions of associations

We performed random-effects meta-regression analyses to explain the heterogeneity in results across effect sizes despite the relatively small number of studies. IQ explained 32.3% ($Q[1] = 55.44, p < 0.001$) of the variance in the associations between executive functions and academic achievement, sex 28.4% ($Q[1] = 35.85, p < 0.001$), year of birth 13.05% ($Q[1] = 19.21, p < 0.001$), and birth weight 10.7% ($Q[1] = 9.05, p = 0.003$). Gestational age and age at assessment were not found to significantly explain heterogeneity (see eTable 11 in Supplemental material – voir en Annexe 2).

Post hoc pairwise contrasts with Holmes adjustment revealed that effect size outcomes varied between each birth decade ($Q_M[3] = 265.65, p < 0.001$) and each birth weight category ($Q_M[2] = 180.47, p < 0.001$). Effect sizes were influenced more when preterm birth occurred in the 1980s or 1990s ($r = 0.59, 95\% \text{ CI } [0.441, 0.746]$ and $r = 0.50, 95\% \text{ CI } [0.370, 0.628]$) than in the 2000s ($r = 0.26, 95\% \text{ CI } [0.218, 0.301], p < 0.001$). Associations between executive functions and academic achievement did not differ between extremely low and very low birth weights ($r = 0.30, 95\% \text{ CI } [0.224, 0.372]$ and $r = 0.29, 95\% \text{ CI } [0.238, 0.343], p = 0.871$). However, significant residual heterogeneity was observed for both year of birth ($Q_E[183] = 701.48, p < 0.001$) and birth weight ($Q_E[172] = 813.28, p < 0.0001$), indicating that other factors influenced heterogeneity in effect size outcomes.

Stepwise multivariate mixed-effects meta-regressions revealed that gestational age, birth weight, and year of birth best explained the variance in effect size ($Q_M[3] = 325.97, p < 0.001$) (see eTable 12 in Supplemental material).

It was not possible to perform meta-regressions with the medical and environmental variables because the number of data was too small.

4.3.5. Discussion

The main objective of the present systematic review and meta-analysis was to determine the associations between executive functions and academic achievement in children born preterm. A secondary objective was to study the impact of medical and sociodemographic moderators on these associations. We mainly found small to large significant correlations between executive functions and academic achievement ($r = 0.29$, range = 0.15-0.50), with processing speed, flexibility, and working memory playing a central role in all academic domains. Inhibition had the weakest associations, and it was not possible to assess the role of planning. These associations were moderated by IQ, sex, birth weight, and year of birth, but not by gestational age or age at assessment.

First, it is worth noting that the results of these meta-analyses mainly concerned children born extremely prematurely or with an extremely low birth weight ($n = 1314$), and we therefore had to check for consistency with the rest of the literature before investigating these associations. Our results for executive functions, namely inhibition, working memory, flexibility, processing speed, and composite executive functions measures (-0.51 SMD and subgroup by component -0.35 to -0.64 SMD) were consistent with previous studies.^{7,10,18-21} Regarding academic achievement (-0.61 SMD), our data were also consistent with previous studies, especially for reading and mathematics (-0.61 and -0.59 SMD).^{7,18,22-24} These results seem to support the hypothesis that the difficulties of children born very or extremely preterm affect executive functions and academic achievement across the board. In the studies we included that assessed spelling, scores were lower than those that are usually reported.^{7,18,22} This can be explained by the small number of studies included in our analyses. Lower academic achievements are generally reflected in high SEN levels, and in the samples we included, 39% of children had SEN (range = 29-49%).⁹³⁻⁹⁵ Overall, these consistent results validated our population analysis.

Regarding the associations between executive functions and academic achievement, which were our main focus, results showed that executive functions examined either in isolation or in combination had small to large significant associations with academic achievement ($r = 0.15-0.50$). To our knowledge, this is the first time that such precise results have been found in children born very or extremely preterm. Associations and interactions between executive functions and academic achievement have been widely studied in the general population, with small to moderate relations.^{67,69,70,72-74} Results for children born very or extremely preterm seem to follow the same pattern, with comparable associations between executive functions and academic achievement.

More specifically, composite executive functions measures (-0.64 SMD) showed that executive functions were closely associated with academic achievement ($r = 0.50$), particularly in mathematics ($r = 0.44$). While this may be due to the fact that the association with mathematics is the one most frequently studied, it gives us a broader view of possible relations, as the measures simultaneously combined composite scales and behaviour-related executive functions that are known not to assess quite the same executive aspects.⁹⁶

Working memory is the most studied executive domain and is central to the development of other executive functions. Working memory difficulties (-0.58 SMD) were therefore found to be associated with all areas of academic achievement ($r = 0.34$), particularly mathematics ($r = 0.47$). This is consistent with a previous study that showed that relations between working memory and mathematics are stronger in children with neurodevelopmental disorders than in typically developing children.⁹⁷ Working memory allows information to be retained and processed to resolve multistep problems, making it key in all academic learning.^{67,69,97,98}

According to Diamond's model,³¹ inhibition is also one of the core components of executive functions, but we only found a small association here with academic achievement ($r = 0.15$), and more specifically for spelling and mathematics ($r = 0.19$ and $r = 0.24$). Furthermore, inhibition did not seem to be significantly associated with reading or more global academic measures. In typical development, small to moderate significant relations are usually found between inhibition and

different reading processes ($r = 0.21-0.33$), though less so in older children.^{67,70,74} Reading is a process that tends to become more automatic with practice and therefore ceases to depend on executive functions. Here, a few studies reported that inhibition skills were related to reading in children with a mean age of less than 7 years, corresponding to the age at which they are formally taught to read.

Flexibility and processing speed were significantly and moderately associated with academic achievement ($r = 0.42$ and $r = 0.39$), although this result should be interpreted with caution, as it was based on just a few studies. Flexibility is nevertheless a core component of executive functions, and small to moderate relations with learning have been found in typical development ($r = 0.21-0.30$).^{67,72} Several studies have shown that flexibility difficulties are associated with academic achievement in children very or extremely born preterm.^{33,56,91} Processing speed was significantly associated with performances on all academic subjects, particularly mathematics ($r = 0.38$). Although studies have shown that processing speed does not contribute to mathematics achievement,^{33,99} Rose et al. argued that processing speed deficits contribute through a cascade effect to a reduction in executive functioning, ultimately affecting academic achievement.⁵⁶

Planning could not be analysed, and it was not possible to reach a conclusion about its association with learning in children born preterm, for while several studies reported difficulties,^{25,33,40,59,100} others did not.^{36,59,91}

Regarding our second objective, namely to ascertain whether perinatal, medical or sociodemographic factors moderate the associations between executive functions and academic achievement, it is worth returning briefly to their impact on executive functions and academic achievement. However, it was impossible to perform analyses on medical and sociodemographic factors, owing to a lack of data. Similarly, only one of the studies included in our sample reported retinopathy of prematurity as a complication. This is unfortunate, as it may have an indirect effect on cognition in general, by affecting the many functions dependent on visual processing, as some studies have shown for neurodevelopment and academic achievement.^{101–103} Nevertheless, our data

showed that gestational age could explain the variance in results for academic achievement, but not for executive functions, whereas birth weight could for both. The impact of gestational age and birth weight must be viewed with caution, for although the literature mainly reports greater executive function difficulties or lower academic achievement in children with a lower gestational age and lower birth weight, meta-analyses have yielded more nuanced results. Sometimes, they have found an impact of gestational age or birth weight,^{7,18–20,22–24} but sometimes these two factors have failed to explain the variance in the results for either academic achievement or executive functions.^{18,19,21,22} The studies we included mainly concerned children born extremely preterm or with an extremely low birth weight, which may explain these results. Moreover, our results indicated that executive function difficulties are mediated by birth decade. Children born in the 1980s and 1990s seems had more pronounced executive function difficulties than those born in the 2000s, thus influencing the associations with academic achievement. Nevertheless, these results should be interpreted with caution. They could simply be an artefact arising from our selection of studies, which were not necessarily representative of the many changes in care and morbidity across the decades in the preterm population we assessed. Furthermore, there is highly contradictory evidence regarding the impact of improved perinatal care and therapeutic management on both academic achievement and executive functions.^{22,104}

Regarding the effect of moderators on the associations between executive functions and academic achievement, and consistent with the results set out above, birth weight and year of birth each had a significant influence. Thus, the strength of the associations was identical regardless of birth weight category (extremely or very low), which can be explained by the homogeneity of our analysis sample. Furthermore, in line with the decline in difficulties by year of birth, the associations became weaker with each decade of birth (from $r = 0.59$ for the 1980s to $r = 0.26$ for the 2000s). As mentioned earlier, the interpretation of these results must be done with great caution and would not be representative of this important issue. In addition, sex explained 28% of this variance. The literature on the general population is not consistent, as Cortés Pascual et al.⁶⁹ found

that sex explained 49% of the variance in outcomes, whereas in other meta-analyses, sex was not a moderator of outcomes.^{72,74} Moreover, IQ explained 32.3% of the variance in the associations between executive functions and academic achievement, but was not sufficient to account fully for these associations. More generally, although the impact of IQ on academic achievement is well known,^{8,9} it does not on its own allow for a detailed or comprehensive understanding of these relations. Furthermore, the significant impact here could be a collinear error arising from the relative proximity of certain components or even tasks. Furthermore, as is usual in the literature,^{33–35,40,46,91,105,106} some studies reviewed here used IQ battery subtests as executive measures.^{48,53} It is also interesting to note that working memory subtests were those used most often, further emphasising the risk of collinearity regarding the place of working memory among the core components of executive functions.

Finally, findings could not be explained by age at assessment. This may be because the samples analysed had a mean age of between 6 and 13 years. Stronger associations might have been observed if the samples had been older at the time of assessment. Executive and academic demands are known to increase with age,^{107,108} and several studies have shown that academic difficulties after preterm birth persist into adolescence and even adulthood.^{38,109–111}

Limitations

The first limitation was the number of studies included. A second limitation was the inclusion of all executive functions. The greater influence of working memory in the analyses may have been because it is the most studied component of executive functions, meaning that these results could be a statistical artefact. We therefore lacked the data to finely analyse the relation between planning and academic achievement. This is particularly unfortunate, as it is a dimension that refers to the ability to anticipate, set goals, and develop in advance the appropriate steps needed to complete a task or activity, which is heavily involved in all school learning. The meta-regression analyses also need to be interpreted with caution, as they were based on too few studies to be

reliable, conclusive, and generalizable. Nevertheless, we conducted them on a purely experimental basis.

Future Research

This systematic review and meta-analysis highlighted methodological difficulties that will have to be overcome in future research. It is important to construct protocols that precisely assess the impact of executive function difficulties on academic achievement. It also seems important to establish the proportion of children with SEN as far as possible, as well as to gather perinatal and social factors and to study children born moderately preterm. The development of executive functions is now framed by Diamond's stable theoretical model,³¹ but few researchers have so far adopted this model. Executive measurements need to be conducted in accordance with international recommendations,^{96,112–115} with the systematic and comprehensive assessment (including performance and daily life tasks) of all executive function components (inhibition, working memory, flexibility, and planning). For school learning, all three main subject areas (reading, spelling, and mathematics) should be systematically assessed. The consideration of school reports would provide a broader perspective on academic skills and SEN.

Conclusion

Our results showed that children born preterm are at greater risk of developing executive function difficulties that are related to lower academic achievement. Executive functions have a small to large influence overall, but working memory plays a particularly important role in academic achievement. Early detection of executive function difficulties would allow for earlier and better SEN provision for these vulnerable children.

Disclosure of Interests

The authors state that they have no interests that might be perceived as causing a conflict or bias.

Funding/Support

The Psychology Laboratory (EA4638) of Angers University funded the English revision of this article.

Authorship contribution statement

Olivier Cadeau: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, Writing - original version and editing.

Jean- Baptiste Muller: Methodology, Supervision, Writing - review.

Jérémie Riou: Formal analysis, Supervision – Writing – review.

Arnaud Roy: Methodology, Supervision, Writing - review.

4.3.6. References

1. Chawanpaiboon S, Vogel JP, Moller A-B, Lumbiganon P, Petzold M, Hogan D, et al. Global, regional, and national estimates of levels of preterm birth in 2014: a systematic review and modelling analysis. *Lancet Glob Health* 2019; **7**: e37–46.
2. Blencowe H, Cousens S, Chou D, Oestergaard M, Say L, Moller A-B, et al. Born too soon: the global epidemiology of 15 million preterm births. *Reprod Health* 2013; **10**: S2.
3. Blondel B, Coulm B, Bonnet C, Goffinet F, Le Ray C. Trends in perinatal health in metropolitan France from 1995 to 2016: results from the French National Perinatal Surveys. *J Gynecol Obstet Hum Reprod* 2017; **46**: 701–13.
4. Saigal S, Doyle LW. An overview of mortality and sequelae of preterm birth from infancy to adulthood. *The Lancet* 2008; **371**: 261–9.
5. Zimmerman E. Do infants born very premature and who have very low birth weight catch up with their full term peers in their language abilities by early school age? *J Speech Lang Hear Res* 2018; **61**: 53–65.
6. Barre N, Morgan A, Doyle LW, Anderson PJ. Language abilities in children who were very preterm and/or very low birth weight: a meta-analysis. *J Pediatr* 2011; **158**: 766-774.e1.
7. Allotey J, Zamora J, Cheong-See F, Kalidindi M, Arroyo-Manzano D, Asztalos E, et al. Cognitive, motor, behavioural and academic performances of children born preterm: a meta-analysis and systematic review involving 64 061 children. *BJOG Int J Obstet Gynaecol* 2018; **125**: 16–25.
8. Bhutta AT, Cleves MA, Casey PH, Cradock MM, Anand KJS. Cognitive and behavioral outcomes of school-aged children who were born preterm: a meta-analysis. *JAMA* 2002; **288**: 728.
9. Kerr-Wilson CO, Mackay DF, Smith GCS, Pell JP. Meta-analysis of the association between preterm delivery and intelligence. *J Public Health* 2012; **34**: 209–16.
10. Arpi E, D’Amico R, Lucaccioni L, Bedetti L, Berardi A, Ferrari F. Worse global intellectual and worse neuropsychological functioning in preterm-born children at preschool age: a meta-analysis. *Acta Paediatr* 2019; **108**: 1567–79.

11. Twilhaar ES, Wade RM, de Kieviet JF, van Goudoever JB, van Elburg RM, Oosterlaan J. Cognitive outcomes of children born extremely or very preterm since the 1990s and associated risk factors: a meta-analysis and meta-regression. *JAMA Pediatr* 2018; **172**: 361–7.
12. Deforge H, Andre M, Hascoet J-M, Fresson J, Toniolo A-M. Conséquences de la grande prématurité dans le domaine visuo-spatial, à l'âge de cinq ans. *Arch Pédiatrie* 2009; **16**: 227–34.
13. Hodel AS, Brumbaugh JE, Morris AR, Thomas KM. Hot executive function following moderate-to-late preterm birth: altered delay discounting at 4 years of age. *Dev Sci* 2016; **19**: 221–34.
14. Ritter BC, Perrig W, Steinlin M, Everts R. Cognitive and behavioral aspects of executive functions in children born very preterm. *Child Neuropsychol* 2014; **20**: 129–44.
15. Loe IM, Chatav M, Alduncin N. Complementary assessments of executive function in preterm and full-term preschoolers. *Child Neuropsychol* 2015; **21**: 331–53.
16. Ni T-L, Huang C-C, Guo N-W. Executive function deficit in preschool children born very low birth weight with normal early development. *Early Hum Dev* 2011; **87**: 137–41.
17. Baron IS, Erickson K, Ahronovich M, Baker R, Litman FR. Neuropsychological and behavioral outcomes of extremely low birth weight at age three. *Dev Neuropsychol* 2011; **36**: 5–21.
18. Aarnoudse-Moens CSH, Weisglas-Kuperus N, van Goudoever JB, Oosterlaan J. Meta-analysis of neurobehavioral outcomes in very preterm and/or very low birth weight children. *PEDIATRICS* 2009; **124**: 717–28.
19. Brydges CR, Landes JK, Reid CL, Campbell C, French N, Anderson M. Cognitive outcomes in children and adolescents born very preterm: a meta-analysis. *Dev Med Child Neurol* 2018; **60**: 452–68.
20. Mulder H, Pitchford NJ, Hagger MS, Marlow N. Development of executive function and attention in preterm children: a systematic review. *Dev Neuropsychol* 2009; **34**: 393–421.
21. van Houdt CA, Oosterlaan J, Wassenaer-Leemhuis AG van, Kaam AH van, Aarnoudse-Moens CSH. Executive function deficits in children born preterm or at low birthweight: a meta-analysis. *Dev Med Child Neurol* 2019; **61**: 1015–24.
22. Twilhaar ES, de Kieviet JF, Aarnoudse-Moens CS, Elburg RM van, Oosterlaan J. Academic performance of children born preterm: a meta-analysis and meta-regression. *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed* 2018; **103**: F322–30.
23. Kovachy VN, Adams JN, Tamaresis JS, Feldman HM. Reading abilities in school-aged preterm children: a review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol* 2015; **57**: 410–9.
24. McBryde M, Fitzallen GC, Liley HG, Taylor HG, Bora S. Academic outcomes of school-aged children born preterm: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2020; **3**: e202027–e202027.

25. Taylor HG, Klein N, Drotar D, Schluchter M, Hack M. Consequences and risks of < 1000-g birth weight for neuropsychological skills, achievement, and adaptive functioning. *J Dev Behav Pediatr* 2006; **27**: 459–69.
26. Sherlock RL, Anderson PJ, Doyle LW. Neurodevelopmental sequelae of intraventricular haemorrhage at 8 years of age in a regional cohort of ELBW/very preterm infants. *Early Hum Dev* 2005; **81**: 909–16.
27. Linsell L, Malouf R, Morris J, Kurinczuk JJ, Marlow N. Prognostic factors for poor cognitive development in children born very preterm or with very low birth weight: a systematic review. *JAMA Pediatr* 2015; **169**: 1162–72.
28. Cheong JLY, Spittle AJ, Burnett AC, Anderson PJ, Doyle LW. Have outcomes following extremely preterm birth improved over time? *Semin Fetal Neonatal Med* 2020; : 101114.
29. Allen MC, Cristofalo EA, Kim C. Outcomes of preterm infants: morbidity replaces mortality. *Clin Perinatol* 2011; **38**: 441–54.
30. Carlson SM, Zelazo PD, Faja S. Executive Function. In: Zelazo PD, editor. *The oxford handbook of developmental psychology*, vol. 1. Oxford, UK: Oxford University Press, 2013: 705–43.
31. Diamond A. Executive functions. *Annu Rev Psychol* 2013; **64**: 135–68.
32. Lehto JE, Juujärvi P, Kooistra L, Pulkkinen L. Dimensions of executive functioning: evidence from children. *Br J Dev Psychol* 2003; **21**: 59–80.
33. Aarnoudse-Moens CSH, Weisglas-Kuperus N, Duivendoorn HJ, van Goudoever JB, Oosterlaan J. Executive function and IQ predict mathematical and attention problems in very preterm children. *PLoS ONE* 2013; **8**. DOI:10.1371/journal.pone.0055994.
34. Akshoomoff N, Joseph RM, Taylor HG, Allred EN, Heeren T, O’Shea TM, et al. Academic achievement deficits and their neuropsychological correlates in children born extremely preterm: *J Dev Behav Pediatr* 2017; **38**: 627–37.
35. Baron IS, Ahronovich MD, Erickson K, Gidley Larson JC, Litman FR. Age-appropriate early school age neurobehavioral outcomes of extremely preterm birth without severe intraventricular hemorrhage: a single center experience. *Early Hum Dev* 2009; **85**: 191–6.
36. Borchers LR, Bruckert L, Travis KE, Dodson CK, Loe IM, Marchman VA, et al. Predicting text reading skills at age 8 years in children born preterm and at term. *Early Hum Dev* 2019; **130**: 80–6.
37. Bright HR, Babata K, Allred EN, Erdei C, Kuban KCK, Joseph RM, et al. Neurocognitive outcomes at 10 years of age in extremely preterm newborns with late-onset bacteremia. *J Pediatr* 2017; **187**: 43-49.e1.
38. Costa DS, Miranda DM, Burnett AC, Doyle LW, Cheong JLY, Anderson PJ, et al. Executive function and academic outcomes in children who were extremely preterm. *Pediatrics* 2017; **140**. DOI:10.1542/peds.2017-0257.

39. Dai DWT, Woules TA, Brown GTL, Tottman AC, Alsweller JM, Gamble GD, et al. Relationships between intelligence, executive function and academic achievement in children born very preterm. *Early Hum Dev* 2020; **148**: 105122.
40. Farooqi A, Adamsson M, Serenius F, Hägglöf B. Executive functioning and learning skills of adolescent children born at fewer than 26 weeks of gestation. *PLOS ONE* 2016; **11**: e0151819.
41. Farooqi A, Hägglöf B, Serenius F. Behaviours related to executive functions and learning skills at 11 years of age after extremely preterm birth: a Swedish national prospective follow-up study. *Acta Paediatr* 2013; **102**: 625–34.
42. Grunau RE, Whitfield MF, Fay TB. Psychosocial and academic characteristics of extremely low birth weight (≤ 800 g) adolescents who are free of major impairment compared with term-born control subjects. *Pediatrics* 2004; **114**: e725–32.
43. Hasler HM, Akshoomoff N. Mathematics ability and related skills in preschoolers born very preterm. *Child Neuropsychol* 2019; **25**: 162–78.
44. Hollebrandse NL, Spittle AJ, Burnett AC, Anderson PJ, Roberts G, Doyle LW, et al. School-age outcomes following intraventricular haemorrhage in infants born extremely preterm. *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed* 2020. DOI:10.1136/archdischild-2020-318989.
45. Jaekel J, Wolke D, Bartmann P. Poor attention rather than hyperactivity/impulsivity predicts academic achievement in very preterm and full-term adolescents. *Psychol Med* 2013; **43**: 183–96.
46. Joseph RM, O’Shea TM, Allred EN, Heeren T, Hirtz D, Jara H, et al. Neurocognitive and academic outcomes at age 10 years of extremely preterm newborns. *Pediatrics* 2016; **137**. DOI:10.1542/peds.2015-4343.
47. Korzeniewski SJ, Allred EN, Joseph RM, Heeren T, Kuban KCK, O’Shea TM, et al. Neurodevelopment at age 10 years of children born < 28 weeks with fetal growth restriction. *Pediatrics* 2017; **140**: e20170697.
48. Libertus ME, Forsman L, Aden U, Hellgren K. Deficits in approximate number system acuity and mathematical abilities in 6.5-year-old children born extremely preterm. *Front Psychol* 2017; **8**: 1175.
49. Litt J, Taylor HG, Margevicius S, Schluchter M, Andreias L, Hack M. Academic achievement of adolescents born with extremely low birth weight. *Acta Paediatr* 2012; **101**: 1240–5.
50. Loe IM, Lee ES, Luna B, Feldman HM. Executive function skills are associated with reading and parent-rated child function in children born prematurely. *Early Hum Dev* 2012; **88**: 111–8.
51. Logan JW, Dammann O, Allred EN, Dammann C, Beam K, Joseph RM, et al. Early postnatal illness severity scores predict neurodevelopmental impairments at 10 years of age in children born extremely preterm. *J Perinatol* 2017; **37**: 606–14.

52. Marlow N, Hennessy EM, Bracewell MA, Wolke D. Motor and executive function at 6 years of age after extremely preterm birth. *Pediatrics* 2007; **120**: 793–804.
53. Mulder H, Pitchford NJ, Marlow N. Processing speed and working memory underlie academic attainment in very preterm children. *Arch Dis Child - Fetal Neonatal Ed* 2010; **95**: F267–72.
54. Pritchard VE, Woodward LJ. Preschool executive control on the shape school task: measurement considerations and utility. *Psychol Assess* 2011; **23**: 31–43.
55. Roberts G, Lim J, Doyle LW, Anderson PJ. High rates of school readiness difficulties at 5 years of age in very preterm infants compared with term controls. *J Dev Behav Pediatr* 2011; **32**: 117–24.
56. Rose SA, Feldman JF, Jankowski JJ. Modeling a cascade of effects: the role of speed and executive functioning in preterm/full-term differences in academic achievement. *Dev Sci* 2011; **14**: 1161–75.
57. Scott MN, Hunter SJ, Joseph RM, O’Shea TM, Hooper SR, Allred EN, et al. Neurocognitive correlates of attention-deficit hyperactivity disorder symptoms in children born at extremely low gestational age. *J Dev Behav Pediatr JDBP* 2017; **38**: 249–59.
58. Simms V, Gilmore C, Cragg L, Clayton S, Marlow N, Johnson S. Nature and origins of mathematics difficulties in very preterm children: a different etiology than developmental dyscalculia. *Pediatr Res* 2015; **77**: 389–95.
59. Taylor HG, Klein N, Minich NM, Hack M. Middle-school-age outcomes in children with very low birthweight. *Child Dev* 2000; **71**: 1495–511.
60. Twilhaar ES, de Kieviet JF, Van Elburg RM, Oosterlaan J. Neurocognitive processes underlying academic difficulties in very preterm born adolescents. *Child Neuropsychol* 2020; **26**: 274–87.
61. van Houdt CA, van Wassenae-Leemhuis AG, Oosterlaan J, van Kaam AH, Aarnoudse-Moens CSH. Developmental outcomes of very preterm children with high parental education level. *Early Hum Dev* 2019; **133**: 11–7.
62. Wong T, Taylor HG, Klein N, Espy KA, Anselmo MG, Minich N, et al. Kindergarten classroom functioning of extremely preterm/extremely low birth weight children. *Early Hum Dev* 2014; **90**: 907–14.
63. Woodward LJ, Lu Z, Morris AR, Healey DM. Preschool self regulation predicts later mental health and educational achievement in very preterm and typically developing children. *Clin Neuropsychol* 2017; **31**: 404–22.
64. Anderson P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychol* 2002; **8**: 71–82.
65. Lee K, Bull R, Ho RMH. Developmental changes in executive functioning. *Child Dev* 2013; **84**: 1933–53.

66. Steinmayr R, Meißner A, Weidinger AF, Wirthwein L. Academic achievement. *Oxf. Bibliogr.* 2014. <https://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199756810/obo-9780199756810-0108.xml> (accessed 1 Dec 2021).
67. Spiegel JA, Goodrich JM, Morris BM, Osborne CM, Lonigan CJ. Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: a meta-analysis. *Psychol Bull* 2021; **147**: 329–51.
68. Martínez-Nadal S, Bosch L. Cognitive and learning outcomes in late preterm infants at school age: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health* 2020; **18**. DOI:10.3390/ijerph18010074.
69. Cortés Pascual A, Moyano Muñoz N, Quílez Robres A. The relationship between executive functions and academic performance in primary education: review and meta-analysis. *Front Psychol* 2019; **10**. DOI:10.3389/fpsyg.2019.01582.
70. Follmer DJ. Executive function and reading comprehension: a meta-analytic review. *Educ Psychol* 2018; **53**: 42–60.
71. Jacob R, Parkinson J. The potential for school-based interventions that target executive function to improve academic achievement: a review. *Rev Educ Res* 2015; **85**: 512–52.
72. Yeniad N, Malda M, Mesman J, van IJzendoorn MH, Pieper S. Shifting ability predicts math and reading performance in children: a meta-analytical study. *Learn Individ Differ* 2013; **23**: 1–9.
73. Friso-van den Bos I, van der Ven SHG, Kroesbergen EH, van Luit JEH. Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educ Res Rev* 2013; **10**: 29–44.
74. Ober TM, Brooks PJ, Homer BD, Rindskopf D. Executive functions and decoding in children and adolescents: a meta-analytic investigation. *Educ Psychol Rev* 2020; **32**: 735–63.
75. Antshel KM. ADHD, learning, and academic performance in phenylketonuria. *Mol Genet Metab* 2010; **99**: S52–8.
76. Gilboa Y, Rosenblum S, Fattal-Valevski A, Toledano-Alhadeef H, Josman N. Is there a relationship between executive functions and academic success in children with neurofibromatosis type 1? *Neuropsychol Rehabil* 2014; **24**: 918–35.
77. Pierson C, Waite E, Pyykkonen B. A meta-analysis of the neuropsychological effects of chemotherapy in the treatment of childhood cancer. *Pediatr Blood Cancer* 2016; **63**: 1998–2003.
78. Fonseca Wald ELA, Hendriksen JGM, Drenthen GS, Kuijk SMJV, Aldenkamp AP, Vles JSH, et al. Towards a better understanding of cognitive deficits in absence epilepsy: a systematic review and meta-analysis. *Neuropsychol Rev* 2019; **29**: 421–49.

79. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021; **372**: n71.
80. Wells GA, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, et al. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing quality of nonrandomised studies in meta-analyses. *Ott. Hosp. Res. Inst.* http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp (accessed 20 March 2021).
81. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, 2nd ed. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
82. R Core Team. *R: The R project for statistical computing*. 2020. <https://www.r-project.org/> (accessed 19 Sept 2021).
83. Viechtbauer W. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *J Stat Softw* 2010; **36**. DOI:10.18637/jss.v036.i03.
84. Cooper HM, Hedges LV, Valentine JC, editors. *The handbook of research synthesis and meta-analysis*, 2nd ed. New York: Russell Sage Foundation, 2009.
85. Pigott TD. *Advances in meta-analysis*. New York: Springer, 2012.
86. Cohen J. A power primer. *Psychol Bull* 1992; **112**: 155–9.
87. Higgins JPT, Green S, editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*, Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011 <https://handbook-5-1.cochrane.org/> (accessed 2 Feb 2021).
88. Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ* 2003; **327**: 557–60.
89. Orwin RG. A fail-safe N for effect size in meta-analysis. *J Educ Stat* 1983; **8**: 157–9.
90. Levine TR, Asada KJ, Carpenter C. Sample sizes and effect sizes are negatively correlated in meta-analyses: evidence and implications of a publication bias against nonsignificant findings. *Commun Monogr* 2009; **76**: 286–302.
91. Clark CAC, Woodward LJ. Relation of perinatal risk and early parenting to executive control at the transition to school. *Dev Sci* 2015; **18**: 525–42.
92. Duval S, Tweedie R. Trim and fill: a simple funnel-plot-based method of testing and adjusting for publication bias in meta-analysis. *Biometrics* 2000; **56**: 455–63.
93. Aylward GP. Cognitive and neuropsychological outcomes: More than IQ scores. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev* 2002; **8**: 234–40.
94. Rodrigues MCC de, Mello RR, Fonseca SC. Learning difficulties in schoolchildren born with very low birth weight. *J Pediatr (Rio J)* 2006; **82**: 6–14.

95. Saigal S, Ouden L den, Wolke D, Hoult L, Paneth N, Streiner DL, et al. School-age outcomes in children who were extremely low birth weight from four international population-based cohorts. *Pediatrics* 2003; **112**: 943–50.
96. Toplak ME, West RF, Stanovich KE. Practitioner review: do performance-based measures and ratings of executive function assess the same construct? *J Child Psychol Psychiatry* 2013; **54**: 131–43.
97. Peng P, Namkung J, Barnes M, Sun C. A meta-analysis of mathematics and working memory: moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *J Educ Psychol* 2016; **108**: 455–73.
98. Peng P, Barnes M, Wang C, Wang W, Li S, Swanson HL, et al. A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychol Bull* 2018; **144**: 48–76.
99. Tatsuoka C, McGowan B, Yamada T, Espy KA, Minich N, Taylor HG. Effects of extreme prematurity on numerical skills and executive function in kindergarten children: An application of partially ordered classification modeling. *Learn Individ Differ* 2016; **49**: 332–40.
100. Johnson S, Strauss V, Gilmore C, Jaekel J, Marlow N, Wolke D. Learning disabilities among extremely preterm children without neurosensory impairment: comorbidity, neuropsychological profiles and scholastic outcomes. *Early Hum Dev* 2016; **103**: 69–75.
101. Molloy CS, Anderson PJ, Anderson VA, Doyle LW. The long-term outcome of extremely preterm (<28 weeks' gestational age) infants with and without severe retinopathy of prematurity. *J Neuropsychol* 2016; **10**: 276–94.
102. Molloy CS, Battista AMD, Anderson VA, Burnett A, Lee KJ, Roberts G, et al. The contribution of visual processing to academic achievement in adolescents born extremely preterm or extremely low birth weight. *Child Neuropsychol* 2017; **23**: 361–79.
103. Tan H, Blasco P, Lewis T, Ostmo S, Chiang MF, Campbell JP. Neurodevelopmental outcomes in preterm infants with retinopathy of prematurity. *Surv Ophthalmol* 2021; **66**: 877–91.
104. Burnett AC, Anderson PJ, Lee KJ, Roberts G, Doyle LW, Cheong JLY, et al. Trends in executive functioning in extremely preterm children across 3 birth eras. *Pediatrics* 2018; **141**: 8.
105. Guarini A, Bonifacci P, Tobia V, Alessandroni R, Faldella G, Sansavini A. The profile of very preterm children on academic achievement. A cross-population comparison with children with specific learning disorders. *Res Dev Disabil* 2019; **87**: 54–63.
106. Anderson PJ, Doyle LW, Victorian Infant Collaborative Study Group. Executive functioning in school-aged children who were born very preterm or with extremely low birth weight in the 1990s. *Pediatrics* 2004; **114**: 50–7.
107. Burnett AC, Scratch SE, Anderson PJ. Executive function outcome in preterm adolescents. *Early Hum Dev* 2013; **89**: 215–20.

108. Jacobson LA, Williford AP, Pianta RC. The role of executive function in children's competent adjustment to middle school. *Child Neuropsychol* 2011; **17**: 255–80.
109. Allen MC, Cristofalo E, Kim C. Preterm birth: Transition to adulthood. *Dev Disabil Res Rev* 2010; **16**: 323–35.
110. O'Reilly H, Johnson S, Ni Y, Wolke D, Marlow N. Neuropsychological outcomes at 19 years of age following extremely preterm birth. *Pediatrics* 2020; **145**. DOI:10.1542/peds.2019-2087.
111. Wehrle FM, Kaufmann L, Benz LD, Huber R, O'Gorman RL, Latal B, et al. Very preterm adolescents show impaired performance with increasing demands in executive function tasks. *Early Hum Dev* 2016; **92**: 37–43.
112. Roy A. Les fonctions exécutives chez l'enfant: des considérations développementales et cliniques à la réalité scolaire. *Dev* 2015; **7**: 13–40.
113. Roy A, Fournet N, Le Gall D, Roulin J-L. Un nouveau dispositif d'évaluation des fonctions exécutives chez l'enfant : la batterie FÉE. *ANAE - Approche Neuropsychol Apprentiss Chez Enfant* 2020; **32–IV**. <http://www.anae-revue.com/>.
114. Denckla MB. Research on executive function in a neurodevelopmental context: Application of clinical measures. *Dev Neuropsychol* 1996; **12**: 5–15.
115. Hughes C. Executive functions and development: emerging themes. *Infant Child Dev* 2002; **11**: 201–9.
116. Bucci S, Bevilacqua F, De Marchis C, Coletti MF, Gentile S, Dall'Oglio AM. Learning abilities in a population of Italian healthy preterm children at the end of primary school. *Int J Environ Res Public Health* 2020; **17**. DOI:10.3390/ijerph17207599.
117. Pascoe L, Spencer-Smith M, Giallo R, Seal ML, Georgiou-Karistianis N, Nosarti C, et al. Intrinsic motivation and academic performance in school-age children born extremely preterm: The contribution of working memory. *Learn Individ Differ* 2018; **64**: 22–32.
118. Taylor HG, Burant CJ, Holding PA, Klein N, Hack M. Sources of variability in sequelae of very low birth weight. *Child Neuropsychol* 2002; **8**: 163–78.

4.4. Synthèse

Cette revue systématique de la littérature a montré que des résultats scolaires et exécutives lus faibles étaient régulièrement rapportés. Des prévalences de difficultés de l'ordre de 10 à 30 % sont régulièrement retrouvées tant pour les apprentissages scolaires que pour les FE. Toutefois, ces résultats sont très variables selon les seuils cliniques choisis par les auteurs. Ces déficits sont une composante significative des conséquences à long terme

en dépit des progrès de prise en soin, même pour les enfants exempts de troubles neurologiques précoces. Les difficultés d'apprentissages scolaires se reflètent également dans les SEN dont on a pu mesurer la prévalence marquée.

La méta-analyse a mis en évidence les relations qui existent entre les FE et les acquisitions scolaires. Des corrélations faibles à larges sont retrouvées indiquant que les FE jouent un rôle dans les apprentissages scolaires. Le QI, le sexe, l'année de naissance et le PN peuvent également modérer les associations entre les deux. Toutefois, les études portent régulièrement sur la MT et l'inhibition et il a été impossible de mener des analyses sur la planification, tandis que celles sur la flexibilité pâtissent du faible nombre de données engagées. Les relations entre ces dimensions exécutives et les apprentissages chez le prématuré apparaissent donc encore relativement ignorées par les recherches. De plus, de plusieurs limites théoriques, méthodologiques et cliniques sont apparues et limitent la portée des résultats retrouvés.

5. VERS UNE NOUVELLE PERSPECTIVE POUR ENVISAGER LES INTERFACES

Au terme de cette partie théorique, de cette revue systématique et méta-analyse, les arguments en faveur d'un dysfonctionnement exécutif avec des répercussions sur les acquisitions scolaires restent fragiles dans le cadre de la prématurité notamment du fait de nombreuses carences théoriques, méthodologiques et cliniques qui sont à considérer.

5.1. Le poids des facteurs physiologiques

Que ce soit dans la revue systématique ou la méta-analyse, les études concernent principalement les enfants nés extrêmes ou grands prématurés et de très faible ou extrême PN. Nous avons à plusieurs reprises mis en évidence le fait que plus l'AG et/ou le PN étaient faibles et plus les conséquences de la prématurité étaient importantes et massives (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Taylor & Clark, 2016). Une première

limite apparaît ici puisque ces études se concentrent principalement sur des enfants nés prématurés grands ou extrêmes prématurés (avant 30 SA) ou avec un très faible PN (15 % des naissances prématurées). Ainsi, les résultats ne peuvent pas être directement généralisés à la population des prématurés modérés ou tardifs (85 % des naissances), dans laquelle il est régulièrement relevé des performances exécutives plus élevées. Plusieurs études ont pu montrer que des enfants nés prématurés modérés avaient de meilleurs résultats que des enfants nés avec un poids extrêmement faible sur des tâches d'inhibition et de MT (Baron et al., 2012; Cserjesi et al., 2012). Au-delà des FE froides pour lesquelles Hodel et al. (2016) montrent peu de différence entre des prématurés modérés et des contrôles nés à terme, des déficits apparaissent sur le versant chaud des FE. Toutefois, il convient de garder à l'esprit que même si les prématurés modérés semblent moins impactés que leurs pairs nés plus tôt, ils restent malgré tout plus à risques de développer des difficultés exécutives que les enfants nés à terme (Brumbaugh et al., 2014; Jin et al., 2019).

Les mêmes constats s'imposent pour les apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques) pour lesquels les prématurés modérés ont généralement des performances plus élevées que leurs pairs extrêmes prématurés, mais toujours avec un surrisque par rapport aux enfants nés à terme (Chyi et al., 2008; de Jong et al., 2012). Les risques relatifs de ne pas atteindre le niveau attendu en fin d'année scolaire augmentent régulièrement à mesure que l'AG diminue ($RR = 1,61$ pour les 34 –36 SA vs 2,49 pour les <32 SA en lecture et 1,07 vs 2,65 en mathématiques ; Chan & Quigley, 2014). Ces différences entre les enfants prématurés selon leur AG se retrouvent également dans la propension de SEN plus élevés pour les AG les plus faibles (Lipkind et al., 2012).

5.2. Des questionnements méthodologiques

5.2.1. La variabilité des mesures

Au cours de la revue systématique, nous avons pu décompter plus de 100 tâches ou épreuves d'évaluation différentes dans chacun de ces deux domaines d'études. S'il convient de noter qu'une très large majorité de ces tâches sont issues de batteries standardisées et validées couramment utilisées dans la littérature, ce nombre d'épreuves apparaît conséquent et interroge sur les possibilités de comparaison des études entre elles notamment en regard des conceptions théoriques.

5.2.2. Une évaluation des FE qui manque d'étayage théorique

Les enfants nés prématurés bénéficient régulièrement de suivis longitudinaux précoces, constituant ainsi de grandes cohortes multicentriques régionales ou nationales (Farooqi et al., 2016; Joseph et al., 2016; Marlow et al., 2007). Ces études ont l'avantage de proposer de larges échantillons mais, en contrepartie, les mesures exécutives sont parfois minimalistes et l'étude de leurs relations avec les apprentissages scolaires secondaire. Au regard des conceptions multidimensionnelles des FE proposées pour les enfants d'âge scolaire dans les modélisations intégratives récentes (Dennis, 2006; Diamond, 2013) ou dans les études factorielles (Lee et al., 2013; Lehto et al., 2003; Miyake et al., 2000), les perturbations exécutives peuvent concerner l'inhibition, la MT, la flexibilité ou encore la planification. Parmi les 53 études recensées, il apparaît que seules cinq d'entre elles font référence à un référentiel théorique pour guider l'évaluation des FE. Quatre études s'appuient sur le modèle factoriel adulte proposé par Miyake et al. (2000 ; Aarnoudse-Moens et al., 2013; Clark & Woodward, 2015; Loe et al., 2014; Rose et al., 2011), et une fait référence aux propositions de Best & Miller (2010) dans leur revue sur les modèles théoriques des FE (Farooqi et al., 2016). On notera que toutes ont alors cherché à évaluer les

trois grandes composantes que sont l'inhibition, la MT et la flexibilité, et trois ont évalué également les processus de planification (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Clark & Woodward, 2015; Farooqi et al., 2016).

Ces considérations théoriques sont essentielles au regard de la complexité du concept de FE (Best et al., 2009). Le nombre de composantes évaluées dans la littérature est largement concentré sur une à deux (principalement la MT et l'inhibition) et parfois avec une tâche unique pour chacune d'elle. À titre d'exemple, centrer la mesure de MT uniquement sur une épreuve d'empan de chiffres/lettres avec éventuellement un rappel en ordre inverse (Guarini et al., 2019; Libertus et al., 2017) reste une mesure sommaire de la MT. Nous avons lors de notre présentation des FE mis en évidence le caractère *impur* et *multifactoriel* des épreuves exécutives basées sur la performance. Nous avons également rappelé que les résultats pouvaient se montrer « tâche-dépendants » (Mulder et al., 2009; Réveillon et al., 2018; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Ainsi, seulement deux études de la revue systématique (Pritchard & Woodward, 2011; Rose et al., 2011) proposent une évaluation des processus de plus *bas niveau* susceptibles d'interférer dans la variance des tests exécutifs (Denckla, 1996; Miyake et al., 2000). Par définition, les épreuves basées sur la performance mobilisent des processus cognitifs non exécutifs (traitement visuospatial, habiletés pratiques ou le langage). Les mesures basées sur la performance sont de fait « contaminées par ce bruit », d'autant plus essentiel à considérer dans la variance des mesures que les processus non exécutifs engagés sont eux aussi en développement et soumis à une certaine hétérogénéité inter et intra-individuelle (Roy, Guerra et al., 2021), a fortiori dans la prématurité. De plus, les enfants nés prématurés sont plus susceptibles de présenter des troubles associés du fait de l'impact sur le développement neurologique des enfants et les vulnérabilités importantes des fonctions instrumentales en jeu. La population prématurée est plus susceptible de difficultés neurosensorielles (Pierrat et al., 2017) ou langagières

précoces (Charkaluk et al., 2019; Sentenac et al., 2020) qui interfèrent potentiellement avec les modes de réponses des tâches proposées. Pritchard et Woodward (2011) rapportaient notamment que 10,8% de l'échantillon d'enfants nés prématurés évalués n'était pas en mesure de réaliser la condition de contrôle initiale (vs 1% des enfants nés à terme) impliquant la dénomination de couleurs et de formes. Il apparaît donc essentiel d'examiner les résultats en dissociant, lorsque cela est possible, les processus ne relevant pas des FE. Dans le cas d'une évaluation de l'inhibition par exemple, l'utilisation d'une tâche de type « Stroop » peut-être appropriée. Cependant, il est indispensable de contrôler en amont la dénomination des couleurs et la performance en lecture en conditions simples (moins engageant au niveau exécutif) avant de pouvoir statuer sur l'atteinte des processus contrôlant l'interférence. Aussi, envisager des modalités de réponses différentes (par exemple à majorité verbale dans le « Stroop » et non verbale dans le cas d'une tâche de type « Go/NoGo ») permet d'assurer une évaluation plus intégrative des processus exécutifs (Roy, 2021; Roy, Fournet et al., 2020, 2021; Roy, Roulin et al., 2020).

Par ailleurs, les épreuves basées sur la performance sont *multifactorielles* comme le montrent les structures factorielles identifiées dans la littérature et le caractère interdépendant des différentes composantes des FE (Lee et al., 2013; Lehto et al., 2003). Cliniquement, cela se traduit par le fait que plusieurs processus exécutifs sont potentiellement appréhendés de manière simultanée dans une même épreuve. Le risque est alors d'interpréter la performance de manière imprécise voire erronée. Ainsi, un score faible à une tâche de fluence (verbale ou graphique) peut témoigner de difficultés en flexibilité, mais peut aussi refléter d'un défaut de planification ou d'une pauvreté des stratégies générées par l'enfant pouvant être repérées par d'autres indicateurs (par exemple la génération de clusters pour la fluence verbale, nombre de traits réalisés pour la fluence de dessins ; Charbonnier et al., 2011; Roy, Guerra et al., 2021). Cela devrait inciter à évaluer chaque

composante des FE avec au moins deux tâches distinctes. En effet, varier les modalités d'entrée/de réponse (verbal/non verbal) et mobiliser plusieurs indicateurs de mesure (score d'erreurs/de réussite, de temps) permet d'envisager différentes manifestations des difficultés exécutives et de s'assurer de la transversalité des déficits. Dans le cas de l'inhibition par exemple, il apparaît nécessaire d'évaluer à la fois le contrôle de l'interférence (avec une tâche de type « Stroop » par exemple) et l'inhibition de réponse avec une tâche de type « Go/NoGo ».

De plus, un point d'interrogation concerne le choix des construits utilisés pour l'évaluation des FE. Les auteurs font parfois le choix d'épreuves issues de batteries de mesure de l'intelligence voire de batterie d'évaluation du langage pour mesurer des concepts des FE (Farooqi et al., 2016; Litt et al., 2005; Taylor et al., 2002). Il convient de garder à l'esprit le caractère incomplet et/ou aspécifique de ces évaluations et des conclusions qui en découlent. Aussi, à la croisée de plusieurs limites déjà évoquées, certaines ambiguïtés interrogent dans la définition des concepts et des choix dans ce champ de la littérature. C'est par exemple le cas dans plusieurs articles émanant du même protocole de mesure (Taylor et al., 2000) où est construit puis décrit, suite à une analyse factorielle, un indice de « planification perceptuelle » (Litt et al., 2005; Taylor et al., 2002). Les auteurs ne le définissent pas spécifiquement comme reflétant les FE, mais cet indice peut implicitement faire penser à la « planification visuospatiale » et il en reprend une épreuve phare : la figure de Rey que l'on retrouve classiquement dans l'évaluation des FE. La note d'indice comprend également les scores au Perdue Pegboard et du Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency. Le premier est un test évaluant la dextérité des doigts et de la main ; le second correspond à une évaluation des habiletés motrices. Au-delà de la question sémantique, et de la confusion possible, les choix d'association de ces épreuves interrogent quant au caractère multicomposite des processus réellement appréhendés.

5.2.3. La nécessaire prise en compte des indicateurs de vie

quotidienne

Les conclusions cliniques qui peuvent être inférées à partir des outils et mesures recensés dans les études précédentes posent également quelques questions (pour une synthèse voir Roy, 2015a, 2015b; Roy et al., 2017). Une majorité des protocoles recensés reposent uniquement sur des mesures basées sur la performance. Plusieurs études regroupent tout de même des indicateurs de vie quotidienne, parentales pour la majorité. Certaines utilisent la BRIEF qui est un inventaire d'évaluation comportementale spécifiquement construit pour évaluer les FE en situation quotidienne (Baron et al., 2009; Costa et al., 2017; Dai et al., 2020; Hasler & Akshoomoff, 2019; Hollebrandse et al., 2020; Loe et al., 2014; van Houdt, van Wassenae-Leemhuis et al., 2019; Wong et al., 2014). De nombreux protocoles utilisent des échelles multidimensionnelles (CBCL, FTF, par ex.) qui explorent simultanément les difficultés attentionnelles, comportementales ou émotionnelles, mais aussi les comportements adaptatifs, les performances académiques ou la motricité (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Farooqi et al., 2013, 2016; Grunau et al., 2004; Jaekel et al., 2013, 2016; Korzeniewski et al., 2017; Libertus et al., 2017; Loe et al., 2012; Pritchard & Woodward, 2011; Scott et al., 2017; Taylor et al., 2000; Woodward et al., 2016). Ces données soulèvent deux limites pour notre objet d'étude. Dans un premier temps, il est aujourd'hui admis la complémentarité des épreuves dites de performance avec les questionnaires, compte tenu des faibles corrélations (Gerst et al., 2017; Toplak et al., 2008, 2013). Cette convergence limitée pourrait suggérer des mobilisations différentes des FE selon les contextes, et conduit à recommander de combiner ces investigations dans les stratégies d'évaluation. D'autre part, il s'agit également de considérer simultanément les observations des parents mais aussi des enseignants afin de percevoir la réalité des difficultés telle qu'elle peut être perçue dans différents lieux de vie (voir Lodenos & Alix, 2015). Cette

approche est d'autant plus essentielle dans le contexte pédiatrique qu'il a été mis en évidence des patterns de réponses différents selon les répondants (McCann et al., 2014; O'Meagher et al., 2020). Ces recommandations sont d'ailleurs générales dans l'utilisation des questionnaires et échelles, puisque l'on constate des corrélations modérées entre les différents répondants (Offord et al., 1996). Ainsi, dans les données normatives française de la BRIEF (et conformément aux données américaines), les corrélations entre l'évaluation des parents et celle des enseignants sont modérées ($r = .35$). Les corrélations entre échelles sont notamment plus faibles pour Flexibilité ($r = .16$), Contrôle émotionnel ($r = .18$), Initiation ($r = .24$) et Organisation du matériel ($r = .27$), ce qui confirment des différences probables entre les environnements familiaux et scolaires (Roy et al., 2013).

Combiner des mesures basées sur la performance et des indicateurs scolaires issus de la vie quotidienne est une préconisation qui s'applique également aux apprentissages scolaires. Il apparaît que peu d'études (Jaekel et al., 2013; Rickards et al., 2001; Taylor et al., 2000) ont proposé simultanément d'utiliser des tests basés sur la performance (lecture, orthographe et mathématique) et des bulletins de notes ou évaluations faites par les enseignants pour qualifier les apprentissages scolaires. Aucune des études n'a analysé les relations entre les deux modes d'évaluation, ni commenté les différences entre les apports. Pourtant, il apparaît que cette approche pourrait être pertinente pour caractériser les difficultés. En effet, les tests basés sur la performance offrent un cadre particulièrement structuré et peuvent être spécifiques à une dimension précise (par exemple, décodage de mots réguliers en lecture), qui pourrait masquer des difficultés à réinvestir les savoirs dans d'autres disciplines scolaires (lecture des énoncés en mathématiques). Les multiples évaluations sur un décours temporel long des évaluations faites par les enseignants permettent notamment d'assurer une certaine validité des résultats obtenus malgré les limites déjà évoquées. Les indications relevées par les enseignants permettent également de retracer

les évolutions et de prendre en compte l'impact des difficultés dans l'ensemble des sphères des apprentissages scolaires, permettant finalement de définir plus précisément les TA.

5.3. Les indicateurs de besoins éducatifs spécialisés

Nous avons mentionné la multiplicité des SEN reconnus dans la prématurité avec des prévalences recensées qui sont particulièrement variables selon les études (de 3,3% à 62%). Cette hétérogénéité questionne la définition même des SEN. Ce terme recouvre en effet plusieurs dimensions qui ont toutes en commun de caractériser un besoin d'aide ou d'accompagnement, mais sans les hiérarchiser selon la sévérité. Ainsi, il s'agit parfois d'un retard dans les apprentissages, de tutorat scolaire, d'un maintien (redoublement), d'un programme éducatif individualisé, d'une scolarisation en classe spécialisée, de prises en soin dans le paramédical (orthophoniste notamment). Il est difficile, à la première lecture, de véritablement mesurer la portée de ces données épidémiologiques et des SEN pour évaluer les retentissements quotidiens et scolaires des patients. À l'instar de la contextualisation nécessaire pour interpréter les indicateurs médicaux et périnataux, les mêmes précautions sont nécessaires pour les indicateurs scolaires et pour en percevoir le retentissement lors des études.

L'exemple de l'interprétation du taux de maintien scolaire régulièrement évoqué comme indicateur de difficultés peut être éclairant. Une étude de la cohorte nationale EPIPAGE rapporte un taux de maintien de 19% pour la cohorte complète contre 5% pour le groupe contrôle (Larroque et al., 2011). Les résultats indiquent que les besoins sont près de quatre fois supérieurs à ceux de la population générale. Or, contextualiser ces chiffres, notamment par rapport aux politiques et aux pratiques éducatives en vigueur de l'époque, modifie sensiblement l'interprétation. Lorsque les enfants de la cohorte EPIPAGE ont été évalués, le taux de maintien en classe élémentaire était de 17,2% dans l'école française

(2005). Des analyses binomiales (Tableau 16) confirment qu'il est nécessaire de tempérer ces premières interprétations car le groupe contrôle était significativement moins maintenu que le reste de la population générale. Ainsi, les enfants nés prématurés n'étaient pas plus maintenus que la population générale et seul le groupe des enfants nés entre 24 et 28 SA montrait une différence significative.

Tableau 16: Comparaison des fréquences de maintien scolaire entre la cohorte EPIPAGE, le groupe contrôle et le taux de maintien scolaire national en 2005

Groupe	Maintien	p
24-28 SA	84/309 (28%)	< .001
29-30 SA	55/369 (15%)	0.270
31-32 SA	119/686 (18%)	0.919
Total (24-32 SA)	259/1364 (19%)	0.085
Contrôle (39-40 SA)	16/324 (5%)	< .001

Notes. Données issues de Larroque et al. (2011, p. 6). Comparaisons avec le taux national de maintien en élémentaire de 2005 de 17,2% (MEN, 2015)

Cette comparaison avec le taux de maintien national à la date de l'évaluation est en soit discutable, car ce dernier recouvre également de nombreuses dimensions connexes sensibles, dont les indicateurs éducatifs ou de SES des parents. En effet, il a été largement démontré les relations entre le taux de maintien et le SES des parents en France (Delahaye, 2015; MEN, 2015, 2022). L'exemple des données de Gire et al. (2019) sont éclairantes à ce sujet. L'étude porte sur une cohorte d'enfants nés avant 28 SA dont 21,4% ont été maintenus. Ce taux est deux fois supérieur au taux national à la date d'évaluation (MEN, 2015). Toutefois, alors que les données habituelles mettent en avant une sur-représentation des SES faibles lors des naissances prématurées (Azria, 2015; Johnson, 2007; Saurel-Cubizolles et al., 2020; Thompson et al., 2006; Wolke, 2019), cette cohorte montre au contraire des indicateurs parentaux qui laissent penser à des environnements plutôt porteurs. Comparativement aux données nationales de 2014, les parents des enfants inclus ont un

niveau d'éducation plus élevé ([supérieur au Bac] 55,9% contre 27,5% dans la population générale) avec une sous-représentation des niveaux de formation les plus faibles ([inférieur au Bac] 18,3 % contre 55,8% dans la population générale ; INSEE, 2017). Il a été démontré à plusieurs reprises comment, en France, que le parcours scolaire des parents et les SES impactaient la scolarité des enfants et le recours aux aides extérieures. Ainsi, et de manière concomitante, 79% de cette cohorte a eu une prise en soin paramédical au cours du suivi, pouvant témoigner de l'implication parentale (Duru-Bellat, 2008; Feyfant, 2011), mais aussi des difficultés rencontrées par ces enfants. À la lumière de ces indications, le taux de maintien qui apparaissait cohérent pourrait masquer une réalité et des besoins plus complexes et nombreux que le seul taux de maintien ne laisse transparaître aux premiers abords.

Dans cette population pédiatrique, on perçoit que l'analyse des SEN recouvre une multitude de dimensions qui demandent à être considérées simultanément et de manière intégrative. Les interactions « prématurité – développement neurocognitif – scolaire – SES » s'entremêlent et il est envisageable de parler de « double (voire de triple) peine » pour ces enfants avec une dynamique de réaction en chaîne. La prématurité impacterait durablement le développement cognitif des enfants qui, par ricochet, peut contrarier leur devenir scolaire et professionnel (Benavente-Fernández et al., 2019; Jaekel et al., 2021; Mathiasen et al., 2009; Nusinovici et al., 2017; Pereira, 2017; Vanes et al., 2021; Wong & Edwards, 2013).

5.4. La prévalence des difficultés

L'ensemble des limites que nous avons évoquées jusqu'alors conduisent nécessairement à questionner la portée des données relatives à la fréquence des troubles relevés en particulier pour les données exécutives. Comparativement, les difficultés scolaires apparaissent relativement bien délimitées et leurs évaluations est moins sujette aux

questionnements. Il apparaît effectivement complexe de pouvoir généraliser les proportions recueillies à une dimension ou plus largement aux FE compte tenu des nombreuses limitations déjà évoquées. Malheureusement, il semble se dégager une tendance où le score obtenu à une tâche est rapidement assimilé au processus désigné (parfois arbitrairement) par les auteurs, sans que les autres paramètres de la tâche, ou autre facteurs participant à la performance, ne soient suffisamment pris en compte.

Les données rapportées par Brévaut-Malaty et al. (2022) peuvent en être une illustration. L'étude porte sur un échantillon d'enfants né avant 28 SA et évalué entre 7 et 9 ans (enfants nés prématurés issu de la cohorte GPQoL décrite dans Gire et al. 2019, 2020) dans laquelle il est retrouvé 33,7% d'enfants atteints d'un trouble dysexécutif. En précisant se référer au DSM-IV, les auteurs considèrent la présence d'un trouble exécutif si l'enfant obtient : un score < 85 à l'indice de mémoire de travail (IMT) de la WISC-IV et/ou un score < au 10^e percentile en inhibition cognitive (Statue de la NEPSY) et/ou une note < 8 à Fluidité de dessins de la NEPSY et/ou une note < 8 à Tour de la NEPSY (2022, p.4).

Dans cette tentative de mise en place de critère d'évaluation, plusieurs critères apparaissent discutables. Le premier consiste à faire référence au DSM-IV pour justifier la démarche diagnostique alors qu'à notre connaissance, le trouble exécutif n'y est pas défini (ni dans aucune autre nosographie internationale). Les occurrences des termes *fonctions exécutives* renseignées dans le DSM-IV (Collectif, 2003) renvoient uniquement à un critère diagnostique de démence chez l'adulte. Le terme *dysexécutif* n'y apparaît pas. Les quatre composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification) semblent évaluées de prime abord. Toutefois, pour trois de ces composantes, une seule épreuve est proposée. De plus, le choix des tests et les seuils diagnostic questionnent. La WISC et la NEPSY (ou la NEPSY-II également utilisée sur cette cohorte, voir par exemple Tosello et al., 2021 avec des critères identiques) sont étalonnées avec une moyenne de 100 et un écart-type de 15 pour les indices

composites et une moyenne de 10 et un écart-type de 3 pour les notes d'épreuves. Pour la MT, Tour et Fluidité de dessins, il est donc considéré un trouble si les scores sont inférieurs à -1 ET. Par ailleurs, la WISC est une batterie de tests pour approcher une mesure de l'intelligence et dont nous avons déjà évoqué les limites lors de son utilisation comme mesure des FE. Des recherches antérieures ont mis en évidence différents obstacles objectant la pertinence de la NEPSY ou de la NEPSY-II pour les évaluations en France : effectifs normatifs limités, absences de contrôle des SES de l'échantillon normatif ou défaut de validation de l'outil sur un échantillon français (Roy et al., 2017). Enfin, la prise en compte des éléments de vie quotidienne qui apparaissent essentiels cliniquement sont également occultés.

S'il apparaît essentiel que les équipes de recherches pédiatriques considèrent ces difficultés dans le devenir des enfants vulnérables, l'apport de méthodologies structurées, spécifiques, nuancées et intégratives doit être mis en avant, en particulier lors de l'évaluation des FE et des apprentissages scolaires.

5.5. Synthèse

Ainsi, alors que la littérature montre de nombreuses publications sur les thématiques des FE et des apprentissages scolaires, et qu'un intérêt important pour déterminer les conséquences à long terme de ces naissances précoces est présent, notre analyse critique met en lumière les difficultés méthodologiques qui existent sur ces sujets. Par conséquent, il apparaît possible de proposer des voies d'amélioration pour obtenir des données plus précises, structurées et nuancées tant pour évaluer et définir les difficultés d'apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques) et les déficits des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification) que pour chercher à examiner de quelle manière les déficits des FE contribuent à expliquer les difficultés scolaires chez les enfants nés prématurés.

– PARTIE EXPERIMENTALE ET CLINIQUE –

6. PROBLÉMATIQUE, OBJECTIFS ET HYPOTHESES

6.1. Problématique

En constante augmentation dans le monde (Blencowe et al., 2013), la naissance prématurée a des implications durables dans la mesure où elle interrompt les processus de développement structurel et induit une vulnérabilité cérébrale précoce (de Graaf-Peters & Hadders-Algra, 2006; Lagercrantz & Ringstedt, 2001). Grâce à l'amélioration régulière des prises en soins, la survie des enfants s'améliore, mais la prématurité reste un facteur de risque important de survenue des TND (Allen et al., 2011; HAS, 2020). Ainsi, l'impact de la prématurité a été mis en évidence sur le développement du langage (Barre et al., 2011), les traitements visuospatiaux (Arpi et al., 2019), l'efficacité intellectuelle (Allotey et al., 2018), ou encore les comportements internalisés ou externalisés (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009), avec des retentissements susceptibles de dégrader la QdV des enfants (Alduncin et al., 2014; Gire et al., 2020).

Notre revue de littérature et la méta-analyse ont mis en évidence que des difficultés scolaires ont été identifiées chez les enfants nés prématurés dans tous les domaines des

apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques). Des tailles d'effets faibles à modérées pour la lecture et modérées pour l'orthographe et les mathématiques ont été retrouvées (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). Plusieurs méta-analyses rapportent des difficultés dans l'ensemble des composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification) avec des tailles d'effets faibles à modérées (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009 ; Allotey et al., 2018 ; Arpi et al., 2019 ; Brydges et al., 2018 ; Mulder et al., 2009 ; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). Notre méta-analyse a mis en lumière des corrélations faibles à larges entre les apprentissages scolaires et les FE dans la prématurité. Les associations retrouvées étaient médiatisées notamment par le QI, le sexe, l'année de naissance et le PN. Pour autant, si les répercussions de la prématurité sur les apprentissages scolaires et les FE ont été étudiées et semblent connues, de nombreux questionnements limitent véritablement la portée des résultats obtenus. L'analyse critique des données disponibles montre en particulier qu'au cours des 20 dernières années, la question des interfaces entre ces deux domaines reste méconnue compte tenu de plusieurs limites méthodologiques voire conceptuelles. Ainsi, les recherches se sont essentiellement centrées sur les enfants plus vulnérables, avec les plus faibles AG ou PN (<32 SA ; <1000g), contraignant la généralisation des résultats à l'ensemble de la prématurité. D'autre part, le design des études et les protocoles utilisés ont davantage eu pour objectif le suivi et le dépistage rapide de difficultés scolaires et exécutives qu'une analyse précise des répercussions et des liens qui les unissent.

Sur le plan des apprentissages scolaires, la revue de littérature met en évidence que les indicateurs de réussite à ce niveau se centrent principalement sur la lecture et les mathématiques, alors que l'orthographe tend à être moins considérée. Or, les activités d'écriture et d'orthographe sont complexes et mobilisent simultanément une multitude de

processus (Pacton et al., 2005), qui sont potentiellement impactés dans la prématurité, à l'instar des capacités de raisonnement, des compétences pratiques ou des FE. En outre, particulièrement rares sont les travaux qui ont pris en considération l'appréciation des difficultés scolaires par les enseignants alors qu'il a été mis en évidence la complémentarité d'une approche intégrative (Guimard et al., 2007). En effet, les indicateurs de réussite scolaire fournis par les enseignants sont susceptibles de fournir une vision plus précise et représentative du niveau scolaire de l'enfant à travers le temps. À partir de nombreuses situations d'apprentissages et ancrées dans la vie quotidienne de l'élève, le regard porté par l'enseignant apporte un complément essentiel aux tests basés sur la performance. Ces évaluations associent la prise en compte du développement des apprentissages ainsi que leurs retentissements dans la vie quotidienne en permettant, par exemple, d'identifier les conséquences des difficultés en lecture dans les autres domaines d'apprentissage.

Concernant le versant exécutif, un certain nombre de doutes sont présents sur l'exhaustivité de l'approche des FE. La revue de littérature a montré que les évaluations, dans leur grande majorité, n'étaient ni guidées théoriquement, ni structurées méthodologiquement. Par conséquent, de nombreuses recherches se sont concentrées uniquement sur une ou deux composantes des FE (l'inhibition et la MT en particulier) tandis que la flexibilité et plus encore la planification ont été relativement peu appréhendées. De plus, les tests psychométriques utilisés pour approcher les FE manquent de spécificité et sont par définition *impurs*, ce qui rend les interprétations et les conclusions aléatoires. L'évaluation des FE inclut en effet nécessairement la mobilisation de processus cognitifs par essence non exécutifs, aussi appelés de *bas niveau* (Chevalier, 2010; Denckla, 1996; Miyake et al., 2000), qu'il convient d'essayer de contrôler afin de s'assurer que les difficultés relevées à une tâche donnée sont bien liées au contrôle exécutif et non tributaires d'une difficulté instrumentale (difficulté de langage ou visuospatiale par exemple ; Roy et al.,

2017), qui par ailleurs n'est pas rare dans la prématurité. Lors de revues systématiques, il est apparu que seules deux études (Pritchard & Woodward, 2011; Rose et al., 2011) ont contrôlé les processus de plus *bas niveau*, mais de manière partielle (pour une des épreuves uniquement). En outre, il apparaît essentiel de proposer des évaluations sollicitant les différents processus susceptibles d'être mobilisés au sein d'une même composante exécutive. Ainsi, par exemple, l'inhibition se définit à la fois à travers le contrôle de l'interférence et l'inhibition de réponse ; or chacun de ces processus doit pouvoir être évalué afin de spécifier une atteinte potentielle de l'inhibition. Les travaux réalisés dans le champ de la prématurité à ce niveau montrent que les résultats sont probablement dépendants des épreuves et des indicateurs pris en compte (Mulder et al., 2009; Réveillon et al., 2018; Ritter et al., 2014; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019), puisqu'ils se basent souvent sur des épreuves uniques pour évaluer une composante exécutive donnée (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Clark & Woodward, 2015; Frye et al., 2009; Libertus et al., 2017; Rickards et al., 2001; Sullivan et al., 2012), ce qui peut contribuer à une lecture partielle et partielle des difficultés rapportées.

D'autre part, une large majorité de ces études se concentrent sur des mesures basées sur la performance et utilisent moins les indicateurs issus de la vie quotidienne. A contrario, certaines recherches examinent les difficultés scolaires ou les manifestations dysexécutives uniquement au travers des indicateurs de réussite scolaire, questionnaires ou inventaires comportementaux (Costa et al., 2017; Dai et al., 2020; Farooqi et al., 2013). Dans les deux cas, l'évaluation est largement incomplète car, que ce soit pour les apprentissages scolaires ou les FE, il est aujourd'hui admis que combiner les deux approches est nécessaire du fait de leur complémentarité (Anderson, 2002; Gerst et al., 2017; Guimard et al., 2007; Toplak et al., 2013). En étant très structurés, les tests basés sur la performance peuvent manquer de sensibilité pour mettre en évidence la réalité des difficultés dans la vie quotidienne. D'un

autre côté, les indicateurs issus de la vie quotidienne sont par définition subjectifs et les utiliser de manière unilatérale augmente le risque de faux négatif ou de faux positif. Une précaution de rigueur consiste également à multiplier les répondants afin d’apporter un point de vue complémentaire. Dans le cadre de l’évaluation des FE, prendre en compte l’avis des enseignants dans les inventaires comportementaux est pertinent pour contrebalancer les perceptions, les plaintes et les attentes des parents potentiellement influencer par le contexte clinique (Heinonen et al., 2013; McCann et al., 2014; O’Meagher et al., 2020).

Par ailleurs et compte tenu de l’ensemble des limites théoriques et méthodologiques soulevées précédemment, il est complexe de préciser l’influence des facteurs périnataux et sociodémographiques à la fois sur les difficultés rencontrées et plus encore sur les interfaces entre les FE et les apprentissages scolaires.

Finalement, l’ensemble de ces éléments converge vers le constat que l’analyse fine et précise des interfaces entre les FE et les apprentissages scolaires dans la prématurité reste insuffisante à ce stade des connaissances, compte tenu de limites méthodologiques et théoriques multiples. Plus spécifiquement, aucune étude à notre connaissance n’a proposé d’aborder les interfaces entre FE et apprentissages scolaires en se basant sur une approche multidimensionnelle à la fois des apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques) et des FE (à partir d’un modèle intégratif récent (Diamond, 2013) intégrant l’inhibition, la MT, la flexibilité et la planification), tout en combinant simultanément des mesures basées sur la performance et des indicateurs issus de la vie quotidienne, associant qui plus est le point de vue des parents et celui des enseignants.

La prise en compte de ces différentes considérations théoriques et méthodologiques conduit à plusieurs interrogations principales auxquelles nous chercherons à répondre : Dans quelle mesure les troubles des FE contribuent à expliquer les TA chez des enfants nés prématurés ? Quel est précisément l’impact des facteurs périnataux (sexe, AG, PN, présence

de RCIU) et sociodémographiques (niveau d'éducation parental, antécédents, retards identifiés par les parents ou un professionnel, suspicions de trouble de la famille, besoins identifiés d'éducation spécialisée et de soins paramédicaux ou psychologiques) sur la probabilité de présenter un TA ou un *Trouble des FE* ?

6.2. Objectifs de la thèse

Les objectifs de ce travail de thèse sont en premier lieu cliniques et s'inscrivent dans la prise en compte des interfaces de notre démarche. En effet, les considérations soulevées ici sont au carrefour de plusieurs disciplines (médecine, psychologie, éducation, santé publique) et domaines de recherche (médecine, neuropsychologie de l'enfant, psychologie du développement et sciences de l'éducation).

Un des objectifs est de mieux comprendre et mieux repérer comment s'expriment les TND dans la prématurité (HAS, 2020). À travers une approche transversale et en interrogeant la vulnérabilité précoce des FE, il s'agit de mieux anticiper l'existence des TA et de comprendre les facteurs qui peuvent expliquer les particularités de leurs manifestations.

De plus, nous souhaitons favoriser des pistes de réponse crédible et viable aux différentes critiques théoriques et méthodologiques formulées. À partir d'un protocole spécialisé, intégratif et théoriquement guidé, ce travail a pour ambition de proposer un modèle d'exploration systématique des FE et des apprentissages scolaires dans le cadre du suivi longitudinal d'enfants vulnérables. Il s'agit de contribuer à élargir les interactions et favoriser les travaux aux interfaces entre les domaines médicaux, psychologiques et éducatifs, dans une dynamique intégrative commune centrée autour du patient.

Un des objectifs est également d'apporter des éléments de réflexion à la communauté éducative et scolaire en leur permettant de mieux appréhender les compétences en jeu lors des demandes scolaires. Ce travail est ainsi l'occasion de préciser les apports des processus

de contrôle et de régulation du comportement de haut niveau dans les apprentissages scolaires et plus largement dans la vie quotidienne (Diamond, 2013), avec le souhait de favoriser leurs prises en compte dans les accompagnements des difficultés des élèves à besoins éducatifs particuliers.

6.3. Hypothèses

À partir de la revue de littérature et de la méta-analyse, nous formulons quatre hypothèses principales.

Des difficultés sur l'ensemble des domaines scolaires évalués

Les difficultés scolaires dans la prématurité étant relativement admises (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018) nous nous attendons à observer, à l'échelle du groupe, des performances scolaires inférieures à la norme des tests sur l'ensemble des domaines scolaires évalués avec des épreuves de performance (lecture, orthographe et calcul). Par ailleurs, les rares études incluant des indicateurs de réussite scolaire évalués par les enseignants (Dai et al., 2020; Jaekel et al., 2013; Rickards et al., 2001; Wong et al., 2014) conduisent à postuler que des difficultés significatives seront rapportées par les enseignants, en particulier dans les apprentissages fondamentaux que sont le français et les mathématiques. En outre, nous nous attendons à ce que les tests basés sur la performance et les indicateurs de réussite scolaire fournis par les enseignants soient modérément corrélés et non systématiquement congruents.

Une perturbation globale des FE

Au regard des éléments recensés dans la littérature (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009 ; Allotey et al., 2018 ; Arpi et al., 2019 ; Brydges et al., 2018 ; Mulder et al., 2009 ; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019), nous faisons l'hypothèse que les enfants

nés prématurés auront des difficultés exécutives significatives à l'échelle du groupe en regard des enfants tout-venants. Ainsi, les enfants nés prématurés obtiendront des scores plus élevés que la norme pour l'ensemble des composantes des FE évaluées (inhibition, MT, flexibilité et planification) à partir d'épreuves basées sur la performance. Les résultats antérieurs (Alduncin et al., 2014; Anderson et al., 2004; Cserjesi et al., 2012; McCann et al., 2014; Roberts et al., 2011) amènent également à attendre des difficultés exécutives significativement accrues à partir des indicateurs de vie quotidienne, à la fois au domicile (d'après l'évaluation des parents) et à l'école (à partir de l'évaluation des enseignants). Par ailleurs, nous faisons l'hypothèse que les évaluations entre les parents et les enseignants présenteront des corrélations faibles à modérées (Roy et al., 2013). Les connaissances déjà établies (Gerst et al., 2017; Toplak et al., 2013) incitent à faire l'hypothèse que les tests basés sur la performance et les indicateurs de vie quotidienne seront faiblement à modérément corrélés et montreront peu de congruence entre eux.

Impact des FE sur les difficultés scolaires

Suite à la revue systématique et la méta-analyse, nous nous attendons à ce que les FE impactent les apprentissages scolaires chez les enfants nés prématurés (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Borchers et al., 2019; Mulder et al., 2010; Rose et al., 2011; Woodward et al., 2016). Plus précisément nous attendons à ce que le fait que d'être repéré avec un *Trouble des FE* prédise les *TA* dans cette population pédiatrique.

Influence des facteurs périnataux et sociodémographiques sur la présence de *TA* et de *Troubles des FE*

Nous nous attendons à ce que la présence de *TA* et de *Troubles des FE* soit influencée par des facteurs périnataux et sociodémographiques. Plus précisément, nous nous attendons à ce que certaines variables jouent un rôle de facteurs de risque/de protection tandis que

d'autres ne devraient pas impacter la survenue de *TA* et de *Troubles des FE*. Concernant les facteurs de risque, nous formulons l'hypothèse que les enfants nés prématurés avec un faible AG et un faible PN (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Brydges et al., 2018), avec un RCIU (Benítez-Marín et al., 2021; Korzeniewski et al., 2017), avec des SEN - enseignement spécialisé et soins paramédicaux- auront plus de *TA* et de *Troubles des FE* que les autres enfants nés prématurés de l'échantillon (Hornby & Woodward, 2009; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). Dans une visée plus exploratoire et en lien avec les recommandations de la HAS (2020), nous nous attendons à ce que les enfants avec des antécédents familiaux de TND, ceux identifiés avec un retard de développement et ceux dont les parents avaient une demande d'évaluation neuropsychologique en amont, soient également plus à risque de développer des *TA* et des *Troubles des FE* que les autres enfants de l'échantillon.

S'agissant des facteurs de protection, le SES et en particulier le niveau d'étude des parents pourrait avoir un rôle protecteur pour les enfants nés prématurés (Hornby & Woodward, 2009; Latal, 2009; Linsell et al., 2015; Wong & Edwards, 2013), ainsi nous formulons l'hypothèse que les enfants nés prématurés dont la mère, le père et les deux parents qui ont fait des études supérieures à Bac + 2 auront moins de *TA* et de *Troubles des FE* que les autres enfants de l'échantillon.

Enfin plusieurs méta-analyses (Christians et al., 2023; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019) ont montré qu'il n'existait pas d'effet du sexe sur les difficultés exécutives ou scolaires. Nous prévoyons qu'il n'y aura pas de différence significative de *TA* et de *Troubles des FE* entre les garçons et les filles.

7. METHODE

7.1. Participants

L'échantillon inclus dans la thèse comprend 56 enfants nés prématurés qui étaient suivis par le réseau régional de suivi d'enfants vulnérables *Grandir Ensemble* et inclus dans la cohorte d'étude LACTACOL (enregistrée sur [clinicaltrials.gov](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT01493063) sous l'identifiant [NCT01493063](https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT01493063)). Il s'agit d'une cohorte d'observation prospective monocentrique comprenant 138 enfants nés entre octobre 2011 et avril 2016, supervisée par le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Nantes, et recrutée à la naissance pour évaluer les relations entre la teneur en protéines du lait humain et le développement neurologique des prématurés (voir Boquien et al., 2021 ; Rozé et al., 2022 pour une description de la cohorte). Suite à une première étude à 2 ans, de nouvelles évaluations à l'âge scolaire étaient souhaitées par les investigateurs pour préciser le devenir neurocognitif à long terme de ces enfants nés prématurés. C'est à partir de cette opportunité que nous avons pu avoir accès à un échantillon clinique d'enfants nés prématurés âgés de 7 à 9 ans et ainsi proposer une évaluation conjointe des apprentissages scolaires et des FE. Les critères d'inclusion et d'exclusion dans la cohorte LACTACOL et ceux du protocole de thèse sont exposés dans le Tableau 17. La Figure 5 décrit le diagramme d'inclusion des enfants inclus dans la thèse.

Tableau 17: Critères d'inclusion et d'exclusion de la cohorte LACTACOL et du protocole de thèse

LACTACOL	Inclusion	Naissance entre 28 et 34 SA Décision de la mère d'un allaitement exclusif
	Exclusion	Présence de pathologie congénitale majeure
Thèse	Inclusion	Consentement des parents et de l'enfant obtenus Âgé de 7 à 9 ans
	Exclusion	Présence de pathologie génétique connue Présence de pathologie psychiatrique Maîtrise insuffisante de la langue française Trouble sensoriel élémentaire limitant la compréhension et à la participation à l'étude Prise de psychotrope au moment de la participation à l'étude

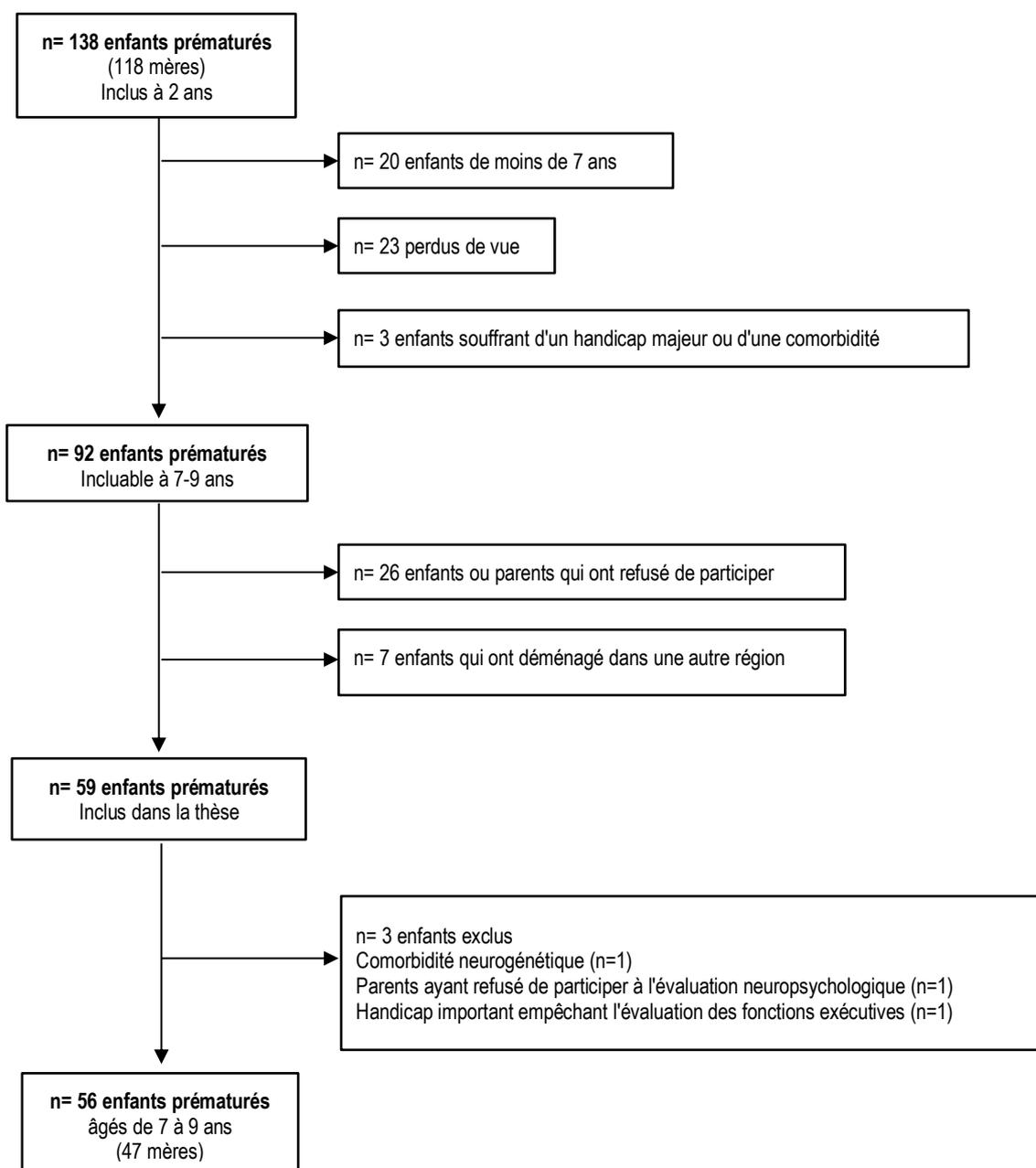


Figure 5 : Diagramme d'inclusion des enfants évalués dans l'étude inclus dans les analyses

7.2. Matériel

Un protocole d'évaluation spécifique pour l'évaluation des apprentissages scolaires et des FE a été proposé aux enfants nés prématurés inclus. En regard des critiques et limites déjà formulées sur les protocoles de mesures existants, nous avons utilisé pour les deux domaines d'étude (apprentissage scolaires et FE), des tests basés sur la performance associée à des indicateurs issus de la vie quotidienne recueillis auprès des parents et des enseignants.

7.2.1. Évaluation de l'intelligence

Dans le cadre du programme LACTACOL, une évaluation du niveau général de l'enfant était effectuée à l'aide de l'échelle d'intelligence du WISC-V (Échelle d'intelligence de Weschler pour enfants 5^e édition; Wechsler, 2016). L'évaluation comprenait 7 subtests : *Similitudes*, *Vocabulaire*, *Cubes*, *Matrices*, *Balances*, *Mémoire des chiffres* et *Code* permettant le calcul du quotient intellectuel total (QIT) et des indices de compréhension verbale (ICV) et de raisonnement fluide (IRF). Les scores des indices et des subtests considérés étaient les notes standards (moyenne de 100, ET : 15 pour les indices et moyenne de 10, ET : 3 pour les subtests) et seront utilisés dans une étude des profils (Chapitre 8).

7.2.2. Un protocole de mesures scolaire intégratif

L'évaluation des apprentissages scolaires a été réalisée en conjuguant des tests basés sur la performance et des indicateurs de réussite scolaire renseignés par les enseignants. Pour les mesures de performance, nous avons utilisé la Batterie Modulaire de Tests informatisée (BMT-i ; Billard et al., 2021, 2019). Le LSU (MEN, 2015) qui est rempli plusieurs fois par an par les enseignants a été utilisé comme indicateur de réussite scolaire.

Nous avons fait le choix de la BMT-i (Billard et al., 2021, 2019) car c'est une batterie récente qui regroupe des épreuves standardisées et validées permettant un niveau d'analyse

fin des apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques). C'est, par ailleurs, un outil proposé par l'HAS pour le repérage des TND (2020). Avec un large spectre d'applications, la BMT-i est un outil de dépistage qui propose une évaluation des domaines des apprentissages, des fonctions verbales et non verbales, des fonctions attentionnelles et exécutives, pour les enfants de la moyenne section de maternelle à la 5^e. La population d'étalonnage est constituée de 1074 enfants (52% de filles) de 4 à 13 ans, stratifiée selon la localisation géographique, le type d'école (publique ou privée) et le SES des parents. Seules les évaluations concernant les apprentissages : *Lecture de texte* (intégrant *Compréhension de lecture*) ; *Dictée* et *Calcul mental* ont été utilisées dans le cadre de ce travail. Le choix des tests a été réalisé pour permettre d'explorer les apprentissages scolaires fondamentaux en ayant, autant que possible, des construits très proches quelle que soit la classe de l'enfant. En effet, étant tributaire des programmes scolaires, les épreuves proposées par la batterie sont nécessairement différentes pour chaque classe.

Les compétences de Lecture (décodage et compréhension) ont été évaluées à partir de l'épreuve *Lecture de Texte* et qui intègre une partie *Compréhension de lecture*. La tâche consiste en la lecture d'un texte de longueur et difficulté progressive selon la classe de l'enfant. Immédiatement après la lecture du texte, l'enfant devait répondre à des questions de compréhension sans le support du texte. En CP, la batterie proposait des épreuves différentes selon le trimestre d'évaluation puisque les capacités de lecture sont conditionnées par l'avancée dans le programme scolaire de l'apprentissage de la lecture. Avant le 3^e trimestre de CP, la tâche de lecture était une épreuve dite de *décodage* et comportait la lecture de lettres, de syllabes, de mots isolés et de courtes phrases. À partir du 3^e trimestre, les enfants de CP lisaient un texte de 70 mots (*Les couleurs magiques*) et répondaient à 6 questions de compréhension sans le support du texte. Les élèves de CE1 à CM1 avaient le même texte (*Mais qui a volé le vélo de Léo ?*) et la longueur à lire était adaptée selon la

classe. Ainsi les CE1 devaient lire le premier paragraphe du texte (104 mots), les CE2 lisaient les 2 premiers paragraphes (218 mots au total) et les CM1 lisaient le texte entier (341 mots). Suite à cette lecture, une série 6 à 15 questions de compréhension étaient posées selon la partie de texte lu. Le Tableau 18 précise pour chaque classe les indicateurs de performance et l'étendue des mesures.

Tableau 18: Étendue des mesures et scores aux épreuves Lecture de texte et Compréhension de texte de la BMT-i

Lecture	CP (avant 3 ^e trimestre)	CP (3 ^e trimestre)	CE1	CE2	CM1
Support de lecture	<i>Déchiffrement</i>	<i>Les couleurs magiques</i>	<i>Mais qui a volé le vélo de Léo ?</i>		
			Paragraphe 1	Paragraphes 1 et 2	Texte entier
Erreurs totales	0 : 65 ^a	0 : 70	0 : 104	0 : 218	0 : 341
Compréhension	-	0 : 12	0 : 12	0 : 20	0 : 30
Temps en sec.	-	0 : ∞	0 : ∞	0 : ∞	0 : ∞
NMCL /mn	-	0 : 70	0 : 104	0 : 218	0 : 341

Notes. **NMCL/mn** : Nombre de mots correctement lus par minute

^a Erreurs lettres (0 : 12) ; Erreurs mots + syllabes (0 : 18) ; Erreurs digraphes + logatomes + trigraphes + phrases (0 : 35)

L'Orthographe a été évaluée avec la tâche de *Dictée*. Adaptée au niveau scolaire des enfants, il s'agissait pour les CP d'une dictée de lettres, de syllabes (digrammes et trigrammes) et d'une phrase simple. À partir du CE1, l'épreuve comprenait l'écriture de logatomes puis d'une à deux phrases de complexité croissante. Les erreurs observées portaient sur l'orthographe phonétique, lexicale et grammaticale. Le Tableau 19 décrit l'ensemble des indicateurs de performance et les étendues des mesures.

Tableau 19: Indicateurs de performance et étendue des mesures à l'épreuve de Dictée de la BMT-i

Orthographe	CP	CE1	CE2	CM1
Erreurs totales	0 : 24	0 : 33	0 : 23	0 : 34
Temps en sec.	-	0 : ∞	0 : ∞	0 : ∞
Erreurs de lettres + syllabes	0 : 17	-	-	-
Erreurs phrases	0 : 7	-	-	-
Orthographe phonétique	-	0 : 14	0 : 8	0 : 14
Orthographe lexicale	-	0 : 11	0 : 9	0 : 11
Orthographe grammaticale	-	0 : 8	0 : 6	0 : 9

Le Calcul a été évalué à partir de l'épreuve de *Calcul mental*. Pour les CP, il s'agissait d'évaluer le temps et la réussite à 4 calculs (3 additions et 1 soustraction) réalisés « de tête » et sans l'utilisation de supports (écrit ou doigts). À partir du CE1, l'enfant disposait d'une minute pour effectuer le plus de calculs possibles selon une des quatre opérations et dans une version mixte qui regroupe les quatre opérations mélangées à partir du CM1 (40 calculs maximum pour chaque opération). Chaque série de calcul était entrecoupée d'une pause de 30 secondes. Le type d'opération à réaliser n'était pas annoncé à l'enfant, et suivait l'ordre standardisé de la batterie (additions, soustractions, multiplications, divisions et mixtes). Les CE1 ont été évalués sur les additions et les soustractions, la multiplication est ajoutée à partir du CE2 et à partir du CM1 la division et une version mixte complétait l'évaluation. Les indicateurs de performance étaient le temps et le nombre de réussites pour les CP et, à partir du CE1, le nombre de réussites pour chaque opération.

Les résultats à la BMT-i sont standardisés en 7 classes allant de *Très faible* à *Très fort* avec une classe centrale comprenant la majorité de la population (24% – Classe *Moyenne*) et une répartition symétrique de part et d'autre (18% – classes *Moyenne Faible/Moyenne Forte* ; 13% – classes *Faible/Forte* et 7% – classes *Très Faible/Très Fort*). À cela s'ajoute une classe dite *Hors-limite* pour les résultats très inférieurs à ceux de la population d'échantillonnage. Dans ce travail, les scores classés *Hors-limite* ont été intégrés à la classe *Très Faible*. Les résultats entrant dans la classe *Faible* et *Très faible* ont été considérés comme cliniquement significatifs et laissait présager des difficultés scolaires.

Afin de réaliser des analyses de corrélations, les scores catégoriels de chaque indicateur de performance ont été transformés en variable numérique de 0 à 6 selon la règle suivante : classe *Hors limite* et *Très Faible* : 0 ; classe *Faible* : 1 ; classe *Moyen Faible* : 2 ; classe *Moyen* : 3 ; classe *Moyen Fort* : 4 ; classe *Fort* : 5 et classe *Très Fort* : 6. Une note par domaine (lecture, orthographe et calcul) était calculée en moyennant les scores obtenus

aux indicateurs de performance (par exemple, la note de lecture correspond à la moyenne des scores aux variables : temps de lecture, erreurs totales, nombre de mots correctement lus par minute et score de compréhension de lecture).

Des indicateurs de réussite scolaire issus du LSU (MEN, 2015) renseigné plusieurs fois par an par les enseignants ont été utilisées. Le LSU regroupe l'évolution des acquis scolaires de l'élève sur la période donnée (MEN, 2016) dans les domaines de formation de la scolarité obligatoire définit dans le socle commun de connaissances, de compétences et de culture (MEN, 2015). Il comprend une évaluation des domaines du *français*, des *mathématiques*, de *l'éducation physique et sportive (EPS)*, des *langues vivantes*, de *questionner le monde* (enseignements sur le vivant, la matière et les objets, le temps et l'espace et les organisations du monde), des *enseignements artistiques* (arts plastiques et éducation musicale) et de *l'enseignement moral et civique (EMC)*. Les enseignants évaluent les acquis des élèves selon une échelle à 4 classes : *Non Atteints*, *Partiellement Atteints*, *Atteints* et *Attentes Dépassées*. En complément, une appréciation textuelle portant sur les acquisitions, les progrès et difficultés éventuelles est possible dans les domaines du *français*, des *mathématiques*, de *l'EPS*, des *langues vivantes* et de *l'EMC* ainsi qu'une appréciation générale sur la progression de l'élève. Pour chaque enfant, il était demandé le dernier LSU rempli par l'enseignant. Les résultats compris dans les classes *Non atteints* et *Partiellement atteints* ont été considérés comme cliniquement significatifs et susceptibles de mettre en évidence des difficultés scolaires durables dans le temps.

Afin d'analyser les corrélations, les scores de classes ont été transformés en variable numérique sur une échelle allant de 0 à 3 selon la règle suivante : *Non Atteints* = 0, *Partiellement Atteints* = 1, *Atteints* = 2 et *Attentes Dépassées* = 3. Lorsque plusieurs indicateurs étaient compris dans une discipline (par exemple : le français), la moyenne des indicateurs permettait d'obtenir la note de discipline. Ainsi, la note de LSU-*Mathématiques*

correspond à la moyenne des notes aux variables : nombre et calcul, grandeurs et mesures et espace et géométrie.

7.2.3. Synthèse et définition des « *troubles d'apprentissages* »

La revue systématique de la littérature a mis en évidence les difficultés à définir les difficultés scolaires et a montré que les protocoles d'évaluation se composaient essentiellement de mesures basées sur la performance, évaluant en priorité la lecture et les mathématiques, et négligeant régulièrement l'orthographe. La prise en compte d'indicateurs de réussite scolaire réalisés par les enseignants est rare alors qu'elle peut apporter des éléments complémentaires pour caractériser les difficultés retrouvées chez les élèves. L'utilisation conjointe de la BMT-i et du LSU et l'évaluation d'une large palette de disciplines scolaires dont la lecture, l'orthographe et les mathématiques visait à répondre à ces limites et à fournir un regard plus intégratif sur les performances scolaires des enfants. Le Tableau 20 rappelle l'ensemble des épreuves et des indicateurs de performance du protocole d'évaluation scolaire.

Dans le cadre de l'évaluation des apprentissages scolaires et à partir de ce protocole, la présence de *Troubles d'apprentissage* a été considérée dès lors qu'il était repéré des difficultés conjointes dans les deux types de mesures (basées sur la performance et les indicateurs de réussite scolaire évalués par les enseignants). Plus précisément, un *Trouble d'apprentissage* était retenu lorsqu'un enfant né prématuré présentait simultanément des scores : (1) dans les classes *Faible* ou *Très Faible* à la BMT-i et (2) des scores dans les classes *Non atteints* et *Partiellement atteints* au LSU. Afin de spécifier une atteinte dans un domaine scolaire particulier (par ex. *Troubles en Lecture*), les déficits devaient être repérés de manière congruente et spécifique au domaine (par exemple difficultés communes en Lecture à la BMT-i et dans la partie *français* du LSU ; voir Tableau 20).

Tableau 20: Protocole d'évaluation des apprentissages scolaires utilisé dans la thèse

ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES SCOLAIRES		
Tâches basées sur la performance – BMT-i (Billard et al., 2019)		
Épreuves	Mesures	
Lecture	Temps ; Erreurs totales ; Sauts de mots ; Nombre de mots correctement lus par minute ; score Compréhension.	
Dictée	Temps (CE1-CM1) ; Erreurs totales Erreurs Lettres (CP) ; Erreurs phrases (CP) ; Erreurs phonologiques (CE1-CM1) ; Erreurs lexicales (CE1-CM1) ; Erreurs Grammaire (CE1-CM1).	Données normatives en 7 classes de <i>Très Faible</i> à <i>Très Fort</i>
Calcul mental	Temps (CP) ; Réussites sur 4 (CP) ; Réussites Additions (CE1-CM1) ; Réussites Soustractions (CE1-CM1) ; Réussites Multiplications (CE2-CM1) ; Réussites Divisions (CM1) ; Réussites mixtes (CM1).	
Indicateur de réussite scolaire – LSU (MEN, 2015)		
Français	Langage oral ; Lecture et compréhension de l'écrit ; Écriture ; Étude de la langue ; Acquisition, progrès et difficultés éventuelles.	
Mathématiques	Nombres et calcul ; Grandeurs et mesures ; Espace et géométrie ; Acquisition, progrès et difficultés éventuelles.	Échelle à 4 classes de <i>Non Atteints</i> à <i>Attentes Dépassées</i> et appréciation textuelle (français, mathématiques, EPS, langue vivante et EMC)
Éducation physique et sportive (EPS)	Acquisition, progrès et difficultés éventuelles.	
Langue vivante		
Questionner le monde	Vivant, matière, objets ; Espace, temps.	
Enseignements artistiques	Arts plastiques ; Éducation musicale.	
Enseignement moral et civique (EMC)		
Appréciation générale sur la progression de l'élève		
Critères cliniques – Troubles d'apprentissage		
Troubles d'apprentissage	Difficultés congruentes à la BMT-i (notes dans les classes <i>Faible</i> et <i>Très Faible</i>) et au LSU (notes dans les classes <i>Partiellement atteints</i> et <i>Non atteints</i>)	
Troubles en Lecture	Difficultés congruentes à <i>Lecture</i> BMT-i et au LSU-français	
Troubles en Orthographe	Difficultés congruentes à <i>Dictée</i> BMT-i et au LSU-français	
Troubles en Mathématiques	Difficultés congruentes à <i>Calcul mental</i> BMT-i et au LSU-mathématiques	

Notes. **BMT-i** : Batterie modulable de test informatisée ; **LSU** : Livret scolaire unique

7.2.4. Une évaluation des FE exhaustive et théoriquement guidée

L'évaluation des FE combinait deux outils validés et standardisés auprès de la population pédiatrique française. Pour les mesures basées sur la performance, nous avons utilisé la Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant (FÉE) (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021) et pour les indicateurs de vie quotidienne l'inventaire d'évaluation comportementale des FE, la BRIEF (Gioia et al., 2000; adaptation française Roy et al., 2013).

La batterie FÉE (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021) regroupe un ensemble de douze tests étalonnés (huit principaux et quatre complémentaires) auprès de 1141 enfants français âgés de 6 ans et 6 mois à 16 ans et 6 mois (50,8% de filles). La batterie est théoriquement et empiriquement guidée, standardisée et sensible y compris dans ce contexte clinique. En effet, une étude de validité clinique préliminaire sur un échantillon d'enfants prématurés existe dans le manuel de l'outil. Par ailleurs, la batterie dispose de données de fidélité et de validité psychométriques satisfaisantes et les variables de sexe, de professions et catégories socio-professionnelles ainsi que le niveau d'études des parents ont été pris en compte lors de l'étalonnage (Roy et al., 2020). En référence au modèle de Diamond (2013), la batterie FÉE permet à la fois une approche des quatre principales composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification), et tient compte des caractères *impurs* et *multifactoriels* de l'évaluation des FE. La batterie prévoit notamment le contrôle des processus non exécutifs dits de plus *bas niveau* dès lors que cela est possible. Compte-tenu de la nature *multifactorielle* et de la mobilisation potentielle de plusieurs composantes exécutives dans une même tâche, la batterie prévoit plusieurs indicateurs par test (en différenciant les scores d'erreurs/de réussite et la vitesse de traitement) et de contrôler l'engagement de certaines FE (pour plus de détails, voir Chapitre 3, partie 3.4.1).

Nous avons proposé huit des douze épreuves qui composent la batterie. Chacune des quatre composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification) était évaluée avec deux épreuves en tenant compte : de la sensibilité de l'épreuve dans l'étude de validité clinique, du temps de passation et de la dominance verbale ou non-verbale du mode de réponse lorsque cela était possible (voir Figure 6).

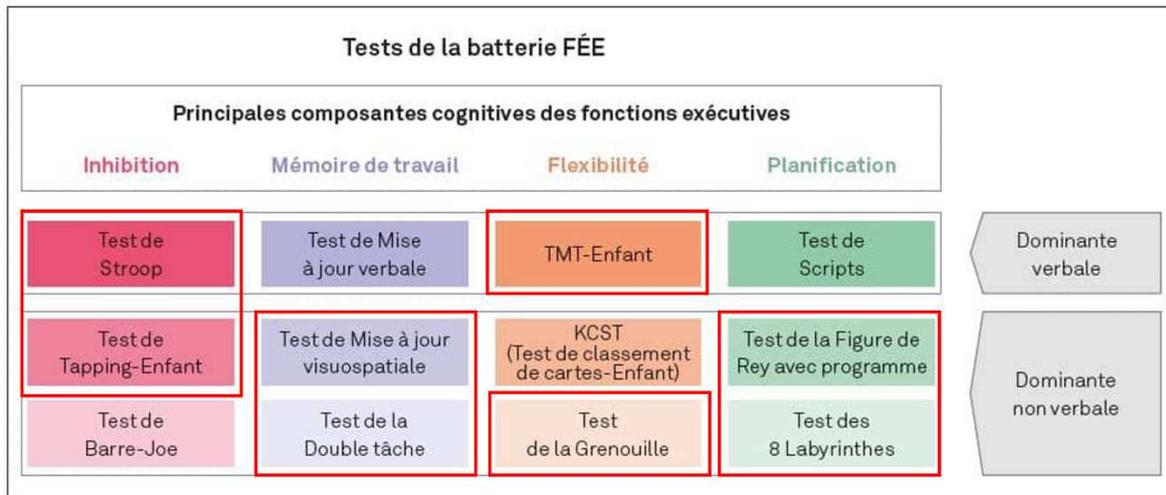


Figure 6: Vue d'ensemble des tests de la Batterie FÉE sélectionnés pour la thèse

L'inhibition a été évaluée à l'aide de la tâche de *Stroop*, qui est composée de trois étapes : « dénomination », « lecture » et « interférence ». Les deux premières conditions jouent le rôle de contrôle avant d'évaluer les capacités à ignorer la lecture de mots de couleur avec une encre incongruente (par ex., *vert* écrit en bleu) pour se concentrer uniquement sur la couleur de l'encre. Le test permet d'appréhender les capacités d'inhibition d'une réponse verbale interférente et dominante (voir aussi Tableau 21). Le test de *Tapping* évalue les aptitudes d'inhibition d'une réponse motrice prépondérante ou automatique en demandant de taper ou pas sur la table avec son index selon ce que fait l'examineur. L'épreuve comporte trois parties avec une première de « conditionnement simple » (contrôle) dans laquelle il est demandé de répéter l'action motrice en écho (taper une ou deux fois sur la table avec son index), suivie d'une partie « Go/No-Go » qui demande d'inhiber un pattern

de réponse appris précédemment (ne pas réagir lorsque l'examineur tape deux fois) et enfin une partie « Conflit » où les enfants doivent être capables de faire le contraire de la première étape (taper deux fois si l'examineur tape une fois et réciproquement) tout en intégrant une nouvelle condition No Go (ne rien faire si l'examineur tape avec deux doigts).

Les capacités de MT ont été évaluées à travers plusieurs épreuves. Les processus de mise à jour ont été approchés avec *Mise à jour visuospatiale*, où l'enfant devait rappeler séquentiellement les localisations touchées les plus récentes (les trois ou quatre dernières) d'une série de blocs de longueur variable sur un dispositif de type *Corsi Block Tapping Test*. La tâche est ajustée à l'empan de l'enfant après une évaluation de la ligne de base (tâche d'empan visuospatial avec une procédure de *supraspan* ; voir aussi Tableau 21). Les aptitudes de MT ont aussi été approchées à partir de l'évaluation des capacités de coordination de deux tâches concurrentes (verbale et non verbale) au travers de *Double Tâche*. L'enfant doit d'abord effectuer séparément, puis simultanément, une tâche d'empan de chiffres et une tâche visuomotrice de barrage de têtes de clown. Lors de la condition double, la quantité d'information présentée dans l'empan de chiffres est adaptée au niveau d'empan de l'enfant.

La flexibilité a été évaluée à l'aide d'une adaptation du *Trail Making Test* (TMT), dans laquelle l'enfant doit relier des cercles disposés sur une feuille, qui contiennent des chiffres ou des lettres, en alternant l'ordre numérique et alphabétique (1-A-2-B...). Deux parties préliminaires (partie Chiffres puis Lettres exclusivement) permettent d'évaluer les processus de plus bas niveau (maîtrise de la chaîne numérique et alphabétique). Le test de la *Grenouille* évalue la capacité à abstraire et à déduire les règles de déplacement d'une grenouille sur des nénuphars autour d'un étang. La grenouille suit différentes règles logiques de déplacement qui changent régulièrement et de manière imprévisible (voir description Tableau 21).

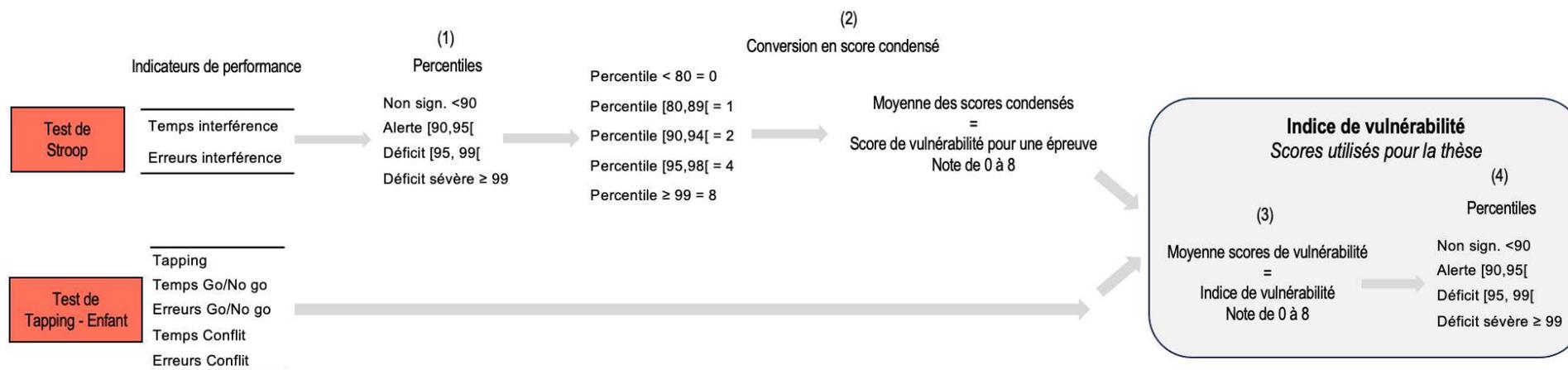
La planification a été évaluée à l'aide du *Test des 8 labyrinthes*, dans lequel l'enfant doit faire sortir un dinosaure de labyrinthes de taille et de difficulté croissantes en évitant les impasses. Les indicateurs de temps et d'erreurs permettent d'appréhender la manière dont l'enfant anticipe et organise le déplacement tout en respectant les contraintes imposées (ne pas traverser les murs). La *Figure de Rey avec programme* est une adaptation de l'épreuve classique. Après une copie traditionnelle de la figure, l'épreuve comporte une phase « programme » durant laquelle les différentes parties du dessin sont progressivement recopiées en cinq étapes permettant, par contraste, de réduire la charge exécutive et de préciser l'implication des processus de planification en cas d'échec (Tableau 21). La cotation de la *Figure de Rey* est par définition subjective, aussi afin de contrôler la mesure, les cotations des copies initiales et « programme » ont fait l'objet d'une double cotation avec une neuropsychologue expérimentée.

Tableau 21: Description des huit épreuves de la batterie FÉE utilisées dans le cadre de la thèse (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021)

Tâches et indicateurs de performance (Modalité de réponse dominante)		Description / objectif de la tâche	Contrôle des erreurs de mesure (processus de plus bas niveau ou charge exécutive moindre)
INHIBITION			
VERBALE	STROOP	Consiste à ignorer la lecture de mots de couleur écrits dans une couleur d'encre non congruente (par exemple le mot « bleu » écrit en rouge) pour se concentrer sur la couleur de l'encre (condition interférence). Les tâches comprennent 100 éléments par étape, organisés en 10 rangées de 10 stimuli variant dans trois couleurs différentes.	Phase de contrôle préliminaire (dénomination et lecture)
	Temps Interférence		
	Erreurs Interférence		
NON-VERBALE	TAPPING	Évalue l'inhibition d'une réponse motrice prépondérante ou automatique. Taper ou pas sur la table avec son index selon ce que fait l'examineur : <i>Go/No go</i> : Taper une fois si l'examineur tape une fois vs inhiber s'il tape deux fois ; <i>Conflit</i> : conditionnement antagoniste (taper une fois si l'examineur tape deux fois et vice versa) tout en intégrant une nouvelle condition <i>No go</i> (ne pas taper si l'examineur tape avec deux doigts). Chaque étape comporte 30 items.	Phase de contrôle préliminaire de conditionnement simple (répéter une action motrice en écho)
	Temps Go/No go		
	Erreurs Go/No go		
	Temps Conflit		
	Erreurs Conflit		
MÉMOIRE DE TRAVAIL			
NON-VERBALE	MISE À JOUR VISUOSPATIALE	Évalue la mise à jour d'une information visuospatiale. Rappeler séquentiellement les éléments les plus récents (les trois ou quatre dernières localisations) d'une série de longueur variable. La tâche se déroule en deux étapes : (1) <i>Base</i> : évaluation de la capacité globale à se souvenir de l'élément tapé par l'évaluateur (mémoire visuelle) et, (2) <i>Mise à jour</i> : évaluation de la capacité à retenir les trois ou quatre derniers éléments d'une séquence donnée.	Tâche ajustée aux capacités d'empan. Variation de la quantité d'informations à mettre à jour pour contrôler la charge exécutive (contrastée avec des items pour lesquels aucune mise à jour n'est nécessaire).
	Ligne de base (empan visuospatial)		
	Score de MT visuospatiale		
	Effet de la charge cognitive visuospatiale		
VERBALE NON-VERBALE	DOUBLE TACHE	La tâche comprend quatre étapes, chacune durant 1 minute et 30 secondes. Les étapes : (1) <i>Base</i> : définition de l'étendue des chiffres dont l'enfant peut se souvenir. (2) <i>Condition simple</i> : séquences de même longueur après avoir déterminé l'étendue des chiffres. (3) <i>barrage de clowns</i> : l'enfant doit marquer d'un X les têtes de clowns qu'il trouve sur la feuille. (4) <i>Condition double</i> : l'enfant doit réaliser simultanément les tâches 2 et 3.	Quantité d'informations présentées dans la tâche d'empan de chiffres adaptée à l'empan de l'enfant. Réalisation préliminaire des deux tâches isolément.
	Taux de maintien de performance – Empan		
	Taux de maintien de performance – Barrage		
	Score Mu		
FLEXIBILITÉ			
VERBALE	TRAIL MAKING TEST	Évalue la capacité à alterner entre différents groupes de stimuli. Se compose de trois étapes : (1) " <i>A-Nombres</i> " : l'enfant doit relier les nombres dans l'ordre croissant. (2) " <i>A-Lettres</i> " : l'enfant doit relier les lettres dans l'ordre alphabétique. (3) " <i>B-Nombres et lettres</i> " : l'enfant doit relier les lettres et les chiffres en alternant l'ordre numérique et alphabétique (1-A, 2-B...).	Contrôle de la maîtrise de la chaîne numérique et alphabétique, de l'exploration visuelle et des aptitudes perceptivo-motrices dans deux parties préliminaires (chiffres puis lettres exclusivement).
	Temps Flexibilité		
	Erreurs Alternance		
	Erreurs d'ordre Partie B		
NON-VERBALE	TEST DE LA GRENOUILLE	Évalue la capacité d'abstraction et de déduction de règles. L'enfant doit déduire les règles logiques du déplacement d'une grenouille sur les nénuphars d'un étang. L'enfant doit également s'adapter aux changements de règles de déplacement de la grenouille sans avertissement préalable.	
	Temps		
	Erreurs		
PLANIFICATION			
NON-VERBALE	FIGURE DE REY AVEC PROGRAMME	Dans cette version, une étape programmée a été ajoutée à la tâche traditionnelle de copie de figure afin de différencier les capacités de planification, visuospatiales et visuconstructives. Dans la deuxième étape, l'enfant reproduit la figure en suivant un affichage séquentiel de cinq indices qui révèlent progressivement les éléments de la figure.	Mesure de l'effet de facilitation de la copie avec le programme (réduction de la charge exécutive) par contraste avec la copie spontanée.
	Copie spontanée		
	Indice de planification		
NON-VERBALE	8 LABYRINTHES	Le test comprend huit labyrinthes de difficulté croissante. Dans chaque labyrinthe, un dinosaure doit trouver la sortie. L'enfant dessine au crayon le chemin entre le point de départ et la sortie du labyrinthe.	
	Temps		
	Impasses		

La batterie FÉE autorise un regroupement d'épreuves permettant la création d'un *indice de vulnérabilité* pour chacune des quatre composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification ; Roy, Fournet, Roulin et al., 2021). Deux épreuves par composante sont nécessaires pour créer cet indice synthétique. L'analyse des scores repose sur 4 étapes successives (voir Figure 7) : Tout d'abord, (1) les scores bruts de chaque indicateur de performance étaient transformés en percentiles directement en ligne, sur la plateforme des tests Hogrefe TestSystem (HTS). Un score supérieur ou égal au percentile 90 était cliniquement significatif. Trois seuils de sévérité des difficultés étaient possibles : un score compris entre le percentile 90 et inférieur à 95 était un signe d'alerte et évoque de possibles difficultés ; un score compris entre le percentile 95 et inférieur au percentile 99 mettait en évidence un déficit et un score supérieur ou égal au percentile 99 signalait un déficit sévère. Ensuite, (2) les scores percentiles obtenus sur chaque indicateur d'une épreuve étaient convertis en *score condensé* selon la règle suivante : 0 pour un rang percentile inférieur à 80, 1 pour un rang percentile compris entre 80 et 89, 2 pour un rang percentile compris entre 90 et 94, 4 pour un rang percentile compris entre 95 et 98, enfin 8 pour un rang percentile supérieur ou égal à 99. Pour les scores seuils, la même règle a été appliquée, mais le score de 1 n'était donc pas possible. Suite à cette conversion, la moyenne des scores condensés permettait d'obtenir un *score de vulnérabilité* par épreuve. Puis, (3) pour chaque composante, l'*indice de vulnérabilité* correspondait à la moyenne des scores de vulnérabilité des deux épreuves évaluant la même dimension. Des scores plus élevés indiquent des difficultés exécutives potentielles plus importantes. Enfin, (4) l'indice de vulnérabilité était converti en rang percentile puis catégoriser selon les mêmes critères qu'au point 1).

Pour ce travail, nous avons comparé les résultats obtenus avec les scores de l'échantillon normatif spécifiquement sur notre protocole, c'est-à-dire à partir des scores obtenus au regroupement des mêmes épreuves pour la constitution des indices.



Pour chacun des indicateurs (1) à partir des scores en percentiles, (2) conversion des percentiles en score condensés et moyenne des scores condensés.(3) Création de l'indice de vulnérabilité en regroupant les épreuves (moyenne des scores de vulnérabilité). (4) Catégorisation en percentiles

Figure 7: Étapes et traitements des scores de la batterie FÉE en 4 étapes pour la création des indices de vulnérabilité (ex. pour l'inhibition)

En complément des mesures de performance, nous avons utilisé l'adaptation française de l'inventaire d'évaluation comportementale des FE (BRIEF ; Gioia et al., 2000; Roy et al., 2013). Ce questionnaire était proposée à la fois aux parents et aux enseignants. La BRIEF est un outil standardisé d'évaluation des comportements sollicitant les FE dans les situations de vie quotidienne chez l'enfant (5 à 18 ans). Les données de validation sont issues de 954 protocoles recueillis pour la forme parent et 536 pour la forme enseignant. Ce questionnaire, utilisé dans sa version papier, se présente sous la forme d'une série de phrases qui décrivent les comportements des enfants en lien avec les FE, ainsi qu'une échelle de Likert qui permet de préciser la fréquence/la sévérité avec laquelle ces comportements sont considérés par le répondant comme posant un problème. Les répondants doivent indiquer si leur enfant (version parent) ou l'élève (version enseignant) a ou n'a pas présenté des problèmes sur ces comportements au cours des 6 derniers mois. Si le comportement en question n'a *jamais* été un problème au cours des 6 derniers mois, les répondants sont invités à entourer la lettre « J » ; si le comportement a *parfois* posé un problème il faut entourer la lettre « P » et si le comportement a *souvent* posé un problème il faut entourer la lettre « S ». La version parent comme enseignant comporte 86 items répartis en huit échelles cliniques, fondées théoriquement et empiriquement, qui mesurent différents aspects du fonctionnement exécutif : *Inhibition*, *Flexibilité mentale*, *Contrôle émotionnel*, *Initiation*, *MT*, *Planification/Organisation*, *Organisation du matériel* et *Contrôle* (description dans le Tableau 22).

Les échelles sont regroupées en trois indices, l'Indice de Régulation Comportementale (IRC), l'Indice de Métacognition (IM) et le score Composite Exécutif Global (CEG). L'IRC est calculé en additionnant les scores des trois échelles (*Inhibition*, *Flexibilité mentale* et *Contrôle émotionnel*). Il présente l'aptitude de l'enfant à faire preuve de flexibilité et à réguler ses comportements et émotions via le contrôle inhibiteur. Une

régulation comportementale appropriée permettrait une résolution active des problèmes et serait un précurseur pour soutenir les processus métacognitifs. L'IM est composé de cinq échelles (*Initiation, MT, Planification/Organisation, Organisation du matériel et Contrôle*) et représente l'aptitude de l'enfant à initier, planifier et maintenir en MT des informations pour permettre la résolution active de problème dans des contextes variés. Le score CEG est la somme de toutes les échelles et représente un score résumé du fonctionnement exécutif.

Deux échelles de validité (Incohérence et Négativité) informent sur les biais potentiels des résultats (inhérents aux échelles d'évaluation qui reposent sur la participation d'un tiers pour évaluer le comportement de l'enfant ; voir Tableau 22). L'échelle d'Incohérence permet de comparer les divergences de réponse d'une personne interrogée entre des items similaires, en comparaison de l'échantillon normatif. En cas de score élevé, il convient de revoir avec le répondant chaque paire d'items incohérents. La personne peut alors modifier ses réponses pour les rendre cohérentes ou souhaiter les maintenir du fait des différences de contenu mineures entre les items. Si la personne peut expliquer la plupart de ses réponses incohérentes de manière logique, le protocole peut être reconnu valide. L'échelle de Négativité évalue dans quelle mesure la personne interrogée répond de manière excessivement négative par rapport à ce qui est observé dans l'échantillon normatif ; toutefois un résultat significatif peut aussi correspondre à une réalité clinique précise et mettre en évidence un dysfonctionnement exécutif sévère.

Tableau 22: Description des échelles cliniques et des échelles de validité des formes parent et enseignant de la BRIEF (d'après Roy et al., 2013, p.16)

	Nombres d'items		Description comportementale
	Parent	Enseignant	
Échelles cliniques (indices)			
Inhibition (IRC)	10	10	Contrôle ses impulsions ; interrompt de manière appropriée son propre comportement au bon moment.
Flexibilité (IRC)	8	10	Passé librement d'une situation, d'une activité ou d'un aspect du problème à un autre, en fonction des exigences de la situation ; résout les problèmes de manière flexible.
Contrôle émotionnel (IRC)	10	9	Module les réponses émotionnelles de façon appropriée.
Initiation (IM)	8	7	Débuté une tâche ou une activité ; génère des idées de manière indépendante.
Mémoire de travail (IM)	10	10	Garde l'information à l'esprit dans le but d'accomplir la tâche ; reste sur, ou s'en tient à, une activité.
Planification/ Organisation (IM)	12	10	Anticipe les événements futurs ; se fixe des objectifs ; met en place à l'avance des mesures appropriées pour mener à bien une action ou une tâche associée : mène à bien des tâches de manière systématique ; comprend et communique les idées principales ou les concepts clés.
Organisation du matériel (IM)	6	7	Garde son espace de travail, ses aires de jeux et son matériel ordonnés.
Contrôle (IM)	8	10	Vérifie son travail ; évalue sa performance durant ou après avoir fini une tâche. Pour s'assurer de la réalisation de l'objectif ; garde une trace de l'effet de son propre comportement sur les autres.
Échelles de validité			
Incohérence	19	17	Évalue l'intensité avec laquelle la personne interrogée répond à des items similaires de la BRIEF de façon cohérente.
Négativité	9	9	Évalue l'intensité avec laquelle la personne interrogée répond à des items spécifiques de la BRIEF d'une manière inhabituellement négative.

Notes. **IRC** : L'Indice de régulation comportementale ; **IM** : Indice de métacognition.

Les scores des indices et des échelles étaient convertis automatiquement en scores T (moyenne de 50, écart-type de 10) et en percentiles directement en ligne, sur la plateforme HTS ; des scores plus élevés indiquent des difficultés exécutives potentielles plus importantes. Un score T supérieur ou égal à 65 est classiquement considéré comme cliniquement significatif. Dans le cadre de ce travail et pour être cohérent avec la batterie FÉE, nous avons considéré comme seuil clinique les scores supérieurs ou égaux au percentile 90 (soit un score T \approx 63). De manière similaire à la batterie FÉE, le centilage définissait trois seuils de sévérité des difficultés : un score compris entre le percentile 90 et inférieur à

95 était un signe d’alerte, un score compris entre le percentile 95 et inférieur au percentile 99 témoignait un déficit et un score supérieur ou égal au percentile 99 mettait en évidence un déficit sévère.

7.2.5. Synthèse et définition des « *Troubles des FE* »

Dans la partie théorique de ce travail, il a été mis en évidence de multiples limites théoriques et méthodologiques concernant l’évaluation des FE. Ce protocole permettait de répondre à ces limites en proposant une évaluation théoriquement et empiriquement guidée (Diamond, 2013), avec des outils standardisés et normés sur la population française. Cette évaluation exhaustive des FE portait sur les différentes composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification), associant des tests basés sur la performance (batterie FÉE) et des indicateurs de vie quotidienne (BRIEF). Les épreuves basées sur la performance (deux par composante) prévoyaient notamment le contrôle des processus de plus *bas niveau* et le caractère *multifactoriel* des épreuves et panachait le mode de réponse dominant (verbal ou non-verbal) lorsque cela était possible. Concernant l’indicateur de vie quotidienne, deux répondants ont été sollicités (parents et enseignants) afin d’avoir une vision plus large des retentissements dans différents lieux de vie. Le Tableau 23 rappelle l’ensemble des épreuves et variables utilisées pour l’évaluation des FE ainsi que les indicateurs de mesures utilisés dans la thèse.

Les enjeux lors de l’évaluation des FE sont nombreux et la caractérisation des *Troubles des FE* devaient intégrer à la fois l’ensemble des composantes exécutives théoriquement établies (inhibition, MT, flexibilité et planification ; Diamond, 2013) et associer les deux types de mesures (basées sur la performance et indicateurs de vie quotidienne ; Anderson, 2002; Loe et al., 2015; Toplak et al., 2013). Ainsi, à partir de ce protocole intégratif, la présence d’un *Trouble des FE* a été considéré dès lors qu’un enfant né prématuré présentait simultanément des scores supérieurs ou égaux au rang percentile 90

à : (1) au moins un des indices de vulnérabilité de la batterie FÉE (inhibition, MT, flexibilité ou planification) et (2) à l'indice CEG de la BRIEF (parent ou enseignant).

Tableau 23: Protocole d'évaluation des fonctions exécutives utilisé dans la thèse

ÉVALUATION DES FONCTIONS EXÉCUTIVES		
Épreuves basées sur la performance – BATTERIE FÉE (Roy, Fournet, Roulin et al., 2021)		
[Inhibition] Stroop	Temps interférence ; Erreurs Interférences.	
[Inhibition] Tapping – Enfant	Temps Go/No go ; Erreurs Go/No go ; Temps Conflit ; Erreurs Conflit.	
[MT] Mise à jour visuospatiale	Ligne de base (empan visuospatial) ; Score MT visuospatiale ; Effet charge cognitive visuospatiale.	
[MT] Double tâche	Taux de maintien de performance – Empan ; Taux de maintien de performance – Barrage ; Score Mu.	Notes en percentiles
[Flexibilité] TMT – Enfant	Temps flexibilité ; Erreurs Alternance ; Erreur d'ordre Partie B (mémoire de travail).	
[Flexibilité] Grenouille	Temps ; Erreurs.	
[Planification] Figure de Rey avec programme	Copie spontanée (Multifactoriel) ; Indice de planification.	
[Planification] 8 Labyrinthes	Temps ; Impasses.	
Indices		
Inhibition ; MT ; Flexibilité ; Planification	Indice de vulnérabilité	0 : 8 et percentiles
Mesures de vie quotidienne parent et enseignant – BRIEF – version française (Roy et al., 2013)		
Échelles		
Inhibition ; Flexibilité ; Contrôle émotionnel ; Initiation ; Mémoire de travail ; Planification/organisation ; Organisation du matériel ; Contrôle		30 : 100 et percentiles
Indices		
Composite Exécutif Global ; Indice de Régulation Comportementale ; Indice de Métacognition	Note standard T ($\bar{x}=50$; $\sigma =10$)	
Critères cliniques – Troubles des FE		
Troubles des FE	Difficultés congruentes (\leq percentile 90) à au moins un des indices de vulnérabilité de la batterie FÉE (inhibition, MT, flexibilité et planification) et à l'indice CEG de la BRIEF (parent ou enseignant).	

Notes. **FE** : Fonctions exécutives ; **FÉE** : Fonctions exécutives de l'enfant ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **MT** : Mémoire de travail.

7.3. Procédure

Le protocole de l'étude était conforme aux directives éthiques pour la protection des participants humains et a reçu l'approbation officielle du comité d'éthique local (CPP n° IORG0008143 ; OMB : 0990-0279). L'inclusion des participants s'est déroulée de janvier 2021 à juillet 2022.

Les familles incluent dans la cohorte LACTACOL ont été contactées par téléphone par le Centre d'Investigation Clinique du CHU (CIC) et par le doctorant. Les objectifs et les conditions de participation étaient discutés à l'occasion de ce premier échange. Pour les familles manifestant un accord de principe, une première vérification des critères d'inclusion et d'exclusion était proposée. Une notice d'information (version parents et version enfant) (Annexe 3, p.361 et Annexe 4, p.368) et un formulaire de consentement était alors adressé à la famille. Un exemplaire de la BRIEF version Enseignant était également joint ainsi qu'une demande pour récupérer auprès de l'école une copie du dernier LSU de l'enfant. Des questionnaires sur le comportement alimentaire, le Questionnaire de Comportement Alimentaire du Jeune Enfant (QCAJE) et le Questionnaire sur les comportements alimentaires de l'enfant (CEBQ) étaient également associés à cet envoi (mais non traités dans le cadre de cette thèse). Chaque famille disposait du temps nécessaire pour réfléchir à sa participation et était libre de recontacter les investigateurs pour obtenir toute information complémentaire ou se rétracter.

Les enfants étaient reçus au CHU de Nantes pour une consultation en deux temps sur une journée. Il était prévu une consultation médicale avec un pédiatre du réseau *Grandir Ensemble* d'une durée d'une heure au CIC, ainsi qu'une évaluation neuropsychologique d'une durée de 3h30 avec le doctorant dans les locaux du CRTA. Le déjeuner était pris en charge pour l'enfant et son (ses) accompagnateur(s) et une collation (gâteaux et boisson) pour l'évaluation neuropsychologique était prévue.

La consultation médicale comprenait notamment les examens suivant : évaluation de la croissance staturo-pondérale et la prise de mesure anthropométriques (poids, taille, périmètre crânien) ainsi que la mesure de la pression artérielle. Une mesure de la composition corporelle (masse grasse) était réalisée par pléthysmographie et par un

impédance-mètre. Une évaluation de la vitesse de l'onde de pouls était également réalisée. Les évaluations de comportement alimentaire QCAJE et CEBQ étaient récupérés.

Pour l'évaluation neuropsychologique, les enfants étaient évalués dans un bureau de consultation du CRTA. Cet examen était composé d'un entretien d'inclusion et de présentation, de la passation des tests neuropsychologiques (évaluation des compétences intellectuelles, des FE et des apprentissages scolaires) et d'un entretien de restitution. La BRIEF version enseignant ainsi que le LSU étaient recueillis et la BRIEF version parent était proposée aux parents en salle d'attente avant d'être vérifiée avec le doctorant. Une pause de 15 minutes avec la collation était systématiquement réalisée après 1h20-1h30 d'évaluation. Par ailleurs, au cours de l'entretien initial, une rapide anamnèse était faite, les données sociodémographiques étaient relevées et les parents devaient notamment préciser si, selon eux ou un professionnel de santé, leur enfant avait eu un décalage dans la mise en place de certains apprentissages. Les parents étaient interrogés sur le développement du langage oral, de la motricité ou de tout autre décalage lors de la petite enfance, les besoins d'enseignement spécialisé, paramédicaux ou psychologiques identifiés, leurs professions et niveau d'étude. Enfin, face à des signes d'appel clinique ou des difficultés repérées à l'école, certains parents se questionnaient sur l'éventualité de procéder à des investigations neuropsychologiques avant la proposition d'inclusion dans l'étude. Aussi, plusieurs parents avaient une attente particulière, une demande formulée en amont des évaluations.

Les épreuves étaient toujours administrées dans l'ordre suivant (WISC-V [*Cubes ; Similitudes ; Matrices ; Mémoire des chiffres ; Code ; Vocabulaire et Balances*] ; FÉE [*8 labyrinthes, Stroop ; Mise à jour visuospatiale ; Tapping ; Figure de Rey (copie) ; TMT ; Double tâche ; Figure de Rey (programme) ; Grenouille*] ; BMT-i [*Lecture ; Dictée ; Calcul mental*]). Pour chaque participant, une fiche d'inclusion (Annexe 5, p.371) ainsi que les cahiers de recueil de données de chaque test et subtest étaient complétés. Les données de la

BMT-i étaient enregistrées directement sur tablette et une copie manuelle de secours était également réalisée. Lors de l'entretien de restitution, la BRIEF version parent était recueillie et un premier compte rendu oral des observations cliniques était proposé aux parents.

Une note de synthèse individuelle a été rédigée reprenant l'ensemble des résultats et transmise ultérieurement à la famille. Des préconisations cliniques ont pu être formulées selon les besoins identifiés pour chaque enfant.

7.4. Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été réalisées avec R 4.3.0 (R Core Team, 2020) à travers l'interface RStudio desktop (2023.06.0+421) (Posit team, 2022). Les scores de la cohorte d'enfants nés prématurés ont été comparés avec les normes françaises des tests pour le WISC, la batterie FÉE, la BRIEF et la BMT-i. En l'absence de normes pour une comparaison, le LSU a fait l'objet d'analyses descriptives uniquement.

7.4.1. Les variables qualitatives

Les variables qualitatives sont présentées avec le nombre de sujets (n) et la fréquence (%). Des analyses binomiales ont été effectuées pour les comparaisons de fréquences avec les normes. Ainsi, pour la batterie FÉE et la BRIEF, les comparaisons ont été effectuées aux seuils de 10%, 5 % et 1 % selon le gradient de sévérité des difficultés rencontrées. Pour les mesures scolaires, les fréquences des notes obtenues à la BMT-i ont été comparées au seuil correspondant à chaque classe soit : 7% pour les notes dans les classes *Très Faible* et *Très Fort*, 13% - classe *Faible* et *Fort*, 18% pour les classes *Moyen Faible* et *Moyen Fort*, 24% pour la classe *Moyen*. Les différences de fréquences ont été analysées en effectuant des tests de χ^2 .

7.4.2. Les variables continues

Les variables continues sont présentées avec les moyennes (ET). Afin de vérifier si les scores des enfants nés prématurés étaient différents des normes des outils standardisés utilisés, différents tests statistiques inférentiels ont été utilisés selon les variables. Pour la comparaison de groupe unique, le test de Z a été utilisé pour les variables continues. Pour la comparaison de groupes indépendants, le test paramétrique t de student ou le test non paramétrique Mann-Whitney ont été utilisés selon les conditions d'application des tests et notamment la normalité de la distribution des notes (en référence à la loi normale de Gauss), testée avec le test de Shapiro-Wilk. Les tailles d'effet d de Cohen et les intervalles de confiance ont été calculés. Des corrélations de Spearman et des coefficients Kappa de Cohen ont été réalisées afin d'éprouver nos hypothèses concernant les relations et concordances entre les mesures basées sur les performances et les indicateurs issus de la vie quotidienne (scolaires [BMT-i ~ LSU] et FE [FÉE ~ BRIEF]). Concernant les corrélations, pour tenir compte des comparaisons multiples, les valeurs p ont été corrigées en utilisant la méthode du taux de fausse découverte [*the false discovery rate – FDR correction method*] (Benjamini & Hochberg, 1995) à l'aide du package [correlation] (v0.8.4 ; Makowski et al., 2020). La méthode de correction propose de contrôler la proportion attendue de fausses découvertes parmi les hypothèses rejetées. Cette condition est moins stricte que le taux d'erreur par famille (*family-wise error rate*), qui renvoie à une correction de type Bonferroni, et permet en outre de garder une puissance satisfaisante. Les critères de Cohen ont été utilisés pour interpréter les tailles d'effet : faible ($d = 0,2$; $r = 0,1$), modérée ($d = 0,5$; $r = 0,3$) ou forte ($d = 0,8$; $r = 0,5$) (Cohen, 1992). Les coefficients Kappa de Cohen et la fréquence des congruences des scores ont été calculés afin d'évaluer la concordance des résultats entre les différents type d'évaluation. Les critères suivants ont été utilisés pour l'interprétation des coefficients Kappa de Cohen : médiocre ($\kappa = < 0,00$), léger ($\kappa = 0,00$; $0,20$) ; passable ($\kappa =$

0,21 ; 0,40), modéré ($\kappa = 0,41 ; 0,60$), substantiel ($\kappa = 0,61 ; 0,80$) et presque parfait ($\kappa = 0,81 ; 1,00$) (Landis & Koch, 1977).

Afin de vérifier l'impact des FE sur les apprentissages scolaires, et l'impact des facteurs périnataux et sociodémographiques des analyses de régressions logistiques univariées et multivariées avec correction de Firth (Firth, 1993; van Smeden et al., 2016) ont été réalisées à l'aide du package [logistf] (v1.25.0 ; Heinze et al., 2023). La performance des modèles de régressions logistiques binaires est largement sous-tendue par la taille de l'échantillon et le ratio : nombre de sujets dans le plus petit des deux groupes de résultats (soit le « nombre d'événements ») par rapport au nombre de coefficients de régression estimés (soit le nombre de variables à intégrer dans le modèle). Une règle courante est de considérer 10 événements par variable (EPV) entrée dans le modèle avec un seuil critique $EPV < 4$ (van Smeden et al., 2016). Les modèles de régressions logistiques binaires ajustés par une procédure d'estimation corrigée, connue sous le nom de correction de Firth, permettent de limiter le risque de biais dans les analyses et de réaliser des modèles de régressions multivariées sur de faibles échantillons. Dans notre cas, la contribution des tâches basées sur la performance (batterie FÉE) et des indicateurs de vie quotidienne (BRIEF) a été analysée séparément et les calculs d'EPV étaient compris entre 4 et 13 pour les analyses menées.

Pour l'ensemble des analyses, une valeur de $p < 0,05$ a été considérée comme statistiquement significative.

8. RESULTATS

8.1. L'échantillon d'enfants nés prématurés

Parmi les 92 enfants incluables entre 7 et 9 ans dans LACTACOL, les résultats de 56 enfants nés prématurés ont été inclus dans les analyses (60,9%). Aucun des enfants rencontrés n'avait été diagnostiqué avec des troubles du neurodéveloppement. Le Tableau 24 décrit l'ensemble des caractéristiques périnatales et sociodémographiques des patients inclus et non inclus. Les enfants sont nés à 31 SA avec un PN de 1554g et ont été évalués à 8 ans et 1 mois (7 à 9 ans et 4 mois). Les enfants inclus ont été allaités significativement plus longtemps (environ 2 mois), avec une durée médiane de 180 jours et ont une mère plus âgée (+ 2,4 ans) que les enfants non-inclus. L'ensemble des autres caractéristiques ne montre pas de différences significatives. Parmi les patients inclus, 31 sont nés avant 32 SA (55,4%) et 25 sont nés entre 32 et 34 SA (44,6%). Une majorité (n = 33 ; 58,9%) ont un PN compris entre 1500g et 2500g et 23 enfants ont un PN inférieur à 1500g. Le niveau d'éducation des parents est supérieur à la moyenne nationale (ajustée sur l'âge et le sexe ; INSEE, 2021), avec des fréquences plus élevées d'études supérieures à Bac + 2 (mères : $p = 0,004$ et pères : $p = 0,003$) et des pourcentages plus faibles de diplômes inférieur au Bac ($p = 0,015$ et $p = < 0,001$, respectivement). Dans l'échantillon, 29 enfants (51,8%) ont une mère qui a fait des études supérieures à Bac + 2. Il y a 28 enfants nés prématurés (50%) dont le père a mené des études supérieures à Bac + 2 et 21 enfants dont les deux parents ont fait des études supérieures (37,5%). Par ailleurs, une majorité des parents de l'échantillon (60,9%) estiment avoir des revenus « adaptés » ou être « à l'aise » financièrement.

Tableau 24: Caractéristiques périnatales, médicales et environnementales des enfants inclus et non inclus

n (%) ou moyenne (ET) [étendue]	Inclus (n= 56)	Non inclus (n=36)	p
Périnatal			
Sexe – G/F	33 (58,9) / 23 (41,1)	21 (58,3) / 15 (41,7)	0,955
Grossesse multiple	22 (39,3)	11 (30,6)	0,394
Age gestationnel – semaines	31,5 (1,8) [27,9 ; 34,9]	30,7 (1,8) [27 ; 33]	0,488
Poids de naissance – g	1554 (333) [805 ; 2170]	1445 (322) [980 ; 2350]	0,085
Périmètre crânien – cm	28,2 (2,2) [23 ; 32]	27,5 (1,9) [24 ; 32]	0,068
Taille – cm	40,2 (2,8) [35 ; 46,5]	39,4 (2,6) [34,5 ; 45]	0,093
Indice de masse corporelle	9,5 (1,2) [6,5 ; 11,7]	9,2 (1,9) [6,4 ; 11,6]	0,479
Poids de naissance – Zscore	-0,21 (0,93) [-2,4 ; 1,6]	-0,43 (1) [-2,6 ; 1,3]	0,362
Périmètre crânien – Zscore	-0,37 (0,89) [-2,2 ; 1,4]	-0,67 (0,9) [-2,7 ; 1,2]	0,220
Taille – Zscore	-0,35 (0,91) [-2,6 ; 1,6]	-0,64 (0,9) [-2,3 ; 1]	0,186
Durée de l'allaitement maternel exclusif – jours	209,50 (145,27) [30 ; 668]	149,9 (156,8) [25 ; 763]	0,026^a
	n= 47	n= 31	
Âge mère à la naissance – ans	32,3 (4,5) [23 ; 40]	29,9 (4,5) [20 ; 40]	0,006^b
Âge père à la naissance – ans	34,6 (5,2) [23 ; 48]	35,4 (7,2) [24 ; 55]	0,565
Médical			
Retard de croissance intra-utérin	9 (16,1)	8 (22,2)	0,458
Surfactant	16 (28,6)	10 (27,8)	0,934
Intubation	17 (30,4)	11 (30,6)	0,984
Durée de ventilation invasive – jours	1,3 (3,3) [0 – 21]	0,9 (3) [0 – 17]	0,549
Durée de ventilation non-invasive – jours	11,3 (14,8) [0 – 64]	14 (14,2) [0 – 53]	0,191
Détresse respiratoire	1 (1,8)	0 (0)	0,439
Durée de l'hospitalisation – jours	45,8 (16,9) [13 – 86]	49,7 (17,4) [20 – 92]	0,292
Éducation et statut socio-économique des parents			
<i>Diplôme le plus élevé obtenu - Mère</i>	n = 47	n = 30	
Inférieur au Bac	6 (12,8)	4 (13)	
Bac à Bac + 2	17 (36,1)	13 (43,3)	0,789
Supérieur à Bac + 2	24 (51,1)	13 (43,3)	
<i>Diplôme le plus élevé obtenu - Père</i>			
Inférieur au Bac	5 (10,6)	9 (30)	
Bac à Bac + 2	20 (42,6)	7 (23,3)	0,058
Supérieur à Bac + 2	22 (46,8)	14 (46,7)	
<i>Auto-évaluation des revenus perçus</i>	n = 46	n = 30	
À l'aise	9 (19,6)	7 (23,3)	
Ça va	19 (41,3)	13 (43,3)	0,825
Juste. Nous devons faire attention	18 (39,1)	10 (33,3)	

Notes. Les 56 enfants inclus dans les analyses sont issus de 47 couples. Sur l'ensemble de l'échantillon, 34 couples avaient un enfant unique et 13 avaient des jumeaux. Pour deux paires de jumeaux, seul l'un des deux a été évalué.

ET : Écart-type

^a test de Mann-Whitney : U=816.00 ; ^b test – t de student : t = 2.791; ddl = 90

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

(à suivre)

Tableau 24 : Suite

n (%) ou moyenne (ET) [étendue]	Inclus (n=56)
Âge au moment de l'évaluation	8,1 (0,8) [7,00 ; 9,33]
7 ans	29 (51,8)
8 ans	12 (21,4)
9 ans	15 (26,8)
Antécédents de développement	
Antécédents de troubles d'apprentissage dans la famille	10 (17,9)
Retard développemental	11 (19,6)
Retard de langage	3 (5,4)
Retard de motricité	7 (12,5)
Autre retard	3 (5,4)
Traitement médicamenteux en cours	8 (14,3)
Asthme	5 (10,7)
Allergie	3 (5,4)
Laxatif	1 (1,8)
Scolarité lors de l'évaluation	
École publique	29 (54,7)
École privée	24 (45,3)
CP	13 (23,2)
CE1	16 (28,6)
CE2	21 (37,5)
CM1	6 (10,7)
Scolarisé en classe spécialisée	0 (0)
Maintien de classe	1 (1,8)
Saut de classe	1 (1,8)
Besoin éducatif spécialisé	12 (21,4)
Aide pédagogique spécialisée	12 (21,4)
Aide humaine en classe – AESH	1 (1,8)
Aides paramédicales et psychologiques	
Aide paramédicale et/ou psychologique	22 (39,3)
Aide paramédicale et/ou psychologique en cours lors de l'évaluation	10 (17,9)
Une aide	18 (32,1)
Plus d'une aide	4 (7,1)
Orthophonie	12 (21,4)
Psychomotricité	7 (12,5)
Psychologie	6 (10,7)
Ergothérapie	1 (1,8)

Notes. **AESH** : Accompagnant d'élèves en situation de handicap ; **ET** : Écart-type

Les enfants rencontrés sont indifféremment scolarisés dans les écoles publiques ou dans les écoles privées sous contrat ($\chi^2 = 0,604$; $p = 0,437$). Une grande majorité des enfants sont scolarisés en cycle 2 ($n = 50$; 89,3%) et aucun ne relève d'un dispositif d'enseignement spécialisé. Seul 2 enfants de la cohorte ont été concernés par un raccourcissement ou un allongement de cycle.

Les SEN des enfants inclus montrent des besoins d'aide pédagogique avec l'intervention d'un enseignant spécialisé au sein de l'école et des suivis paramédicaux ou psychologiques. Enfin, face à des signes d'appel clinique ou des difficultés repérées à l'école, les parents de 7 enfants (12,5%) se questionnaient sur l'éventualité de procéder à des investigations neuropsychologiques avant la proposition d'inclusion dans l'étude.

8.2. Mesure de l'intelligence

Les enfants nés prématurés ont été évalués à l'aide des 7 premières épreuves de la WISC-V (Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents, 5ème édition ; Wechsler, 2016) afin de pouvoir constituer une note de Quotient intellectuel total (QIT) et les notes d'indice de compréhension verbale (ICV) et d'indice de raisonnement fluide (IRF). Le Tableau 25 regroupe l'ensemble des résultats de l'échantillon et met en évidence un QIT moyen dans les attendus de l'âge des enfants et significativement supérieur à la norme avec une taille d'effet modérée.

Tableau 25: Résultats à la WISC-V des enfants nés prématurés inclus dans les analyses

WISC-V (n = 56)	Moyenne (ET) [étendue]	z	p	d [ICd]
Indices (norme M = 100, ET = 15)				
QIT	107,02 (12,53) [75 ; 139]	3,501	< 0,001	0,56 [0,28 ; 0,84]
ICV	107,27 (14,40) [73 ; 139]	3,626	< 0,001	0,50 [0,22 ; 0,78]
IRF	108,00 (13,67) [74 ; 144]	3,991	< 0,001	0,59 [0,30 ; 0,87]
Subtest (norme M = 10, ET = 3)				
Similitudes	11,64 (3,04) [6 ; 18]	4,098	< 0,001	0,54 [0,26 ; 0,82]
Vocabulaire	11,04 (2,78) [4 ; 17]	2,584	0,010	0,37 [0,10 ; 0,64]
Cubes	10,91 (2,47) [5 ; 17]	2,272	0,023	0,54 [0,26 ; 0,82]
Matrices	11,27 (2,63) [6 ; 16]	3,163	0,002	0,48 [0,20 ; 0,76]
Balances	11,45 (2,95) [6 ; 19]	3,608	< 0,001	0,49 [0,21 ; 0,76]
Mémoire des chiffres	10,29 (2,70) [5 ; 19]	0,713	0,476	0,09 [-0,16 ; 0,37]
Code	10,21 (2,76) [4 ; 17]	0,535	0,593	0,08 [-0,18 ; 0,34]

Notes. **QIT** : Quotient intellectuel total ; **ICV** : Indice de compréhension verbale ; **IRF** : indice de raisonnement fluide ; **M** : Moyenne ; **ET** : Écart-type ; **d [ICd]** : d de Cohen et intervalle de confiance

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

La Figure 8 (a) présente la distribution des notes de QIT. Visuellement (Figure 8, b), 5 patients (LAC₄₂, LAC₄₃ ; LAC₃₉, LAC₄₄ et LAC₄₅ – voir aussi Tableau 42) montrent des résultats qui s'écartent des autres ($n = 2$, inférieur à -1 ET et $n = 3$, supérieur à $+2$ ET). Des analyses complémentaires en supprimant ces données montrent une moyenne de 106,37 (ET : 9,45) qui reste supérieure aux normes du test ($z = 3,034$, $p = 0,002$) et ne montre pas de différence avec le groupe d'origine ($t = -0,298$, $ddl = 105$; $p = 0,766$).

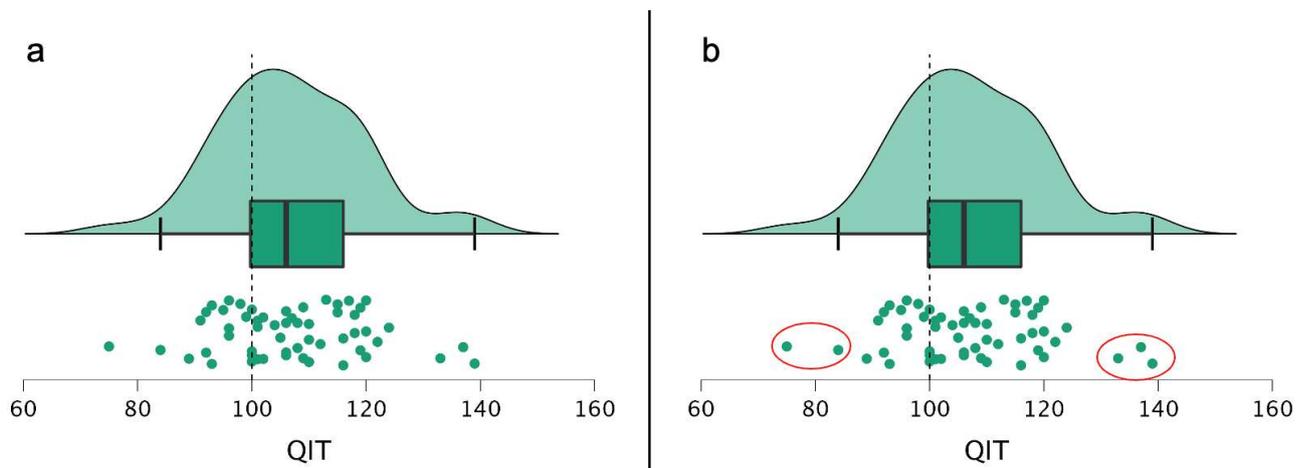


Figure 8: Distribution des notes des enfants nés prématurés pour le QIT (a), avec la mise en évidence des outliers (b)

Dans le détail, les résultats aux subtests inclus dans l'ICV (Similitudes et Vocabulaire) et dans l'IRF (Matrices et Balances) ainsi que Cubes montrent des tailles d'effet faibles à modérées ($d = 0,37$ à $0,54$) et sont significativement supérieurs à la norme (Tableau 25). Les scores aux subtests Mémoire des chiffres et Code ne s'écartent pas des normes.

8.3. Les apprentissages scolaires

8.3.1. Les mesures basées sur la performance scolaire – la BMT-i

Le protocole prévoyait une évaluation de la lecture (décodage et compréhension en lecture), une évaluation de l'orthographe à partir d'une dictée et des calculs mentaux permettant d'approcher les processus mathématiques.

Les épreuves de performance ont mis en évidence que 80,4% des enfants de la cohorte (n = 45) présentent au moins une note située dans les classes *Faible* et *Très Faible*. Ces difficultés peuvent être sélectives et toucher un seul domaine (26,8 %) ou plus diffuses en impactant deux (25 %) ou trois des domaines scolaires évalués (28,6 %). L'Orthographe est le domaine scolaire qui concentre le plus de difficultés (n= 40 ; 71,4%, $p = < 0,001$), suivie de la Lecture (n=26 ; 46,4%, $p = < 0,001$), puis du Calcul mental (n=25 ; 44,6%, $p = < 0,001$) ($\chi^2 = 10,843$; $p = 0,004$).

La Figure 9 présente les distributions des notes pour les trois domaines évalués. Les résultats en Lecture mettent en évidence une surreprésentation du niveau *Très Faible* et une sous-représentation de la classe *Fort*. Dans le détail des dimensions impliquées, le temps de lecture, le nombre de mots lus correctement en une minute (NMLC) et la compréhension étaient les dimensions qui montrent les résultats les plus faibles avec significativement plus de notes dans la classe *Très Faible*. En revanche, le nombre d'erreurs durant la lecture est contrasté et hétérogène, sans qu'aucune différence significative ne se dégage. Près d'un tiers des patients (28,6%) ont des notes dans les classes extrêmes *Très Faible* ou *Très Forte* (voir également le Tableau 26). La distribution des autres notes montre qu'elles sont principalement situées dans les classes *Moyenne Faible* et *Moyenne*, sans pour autant montrer de différences significatives.

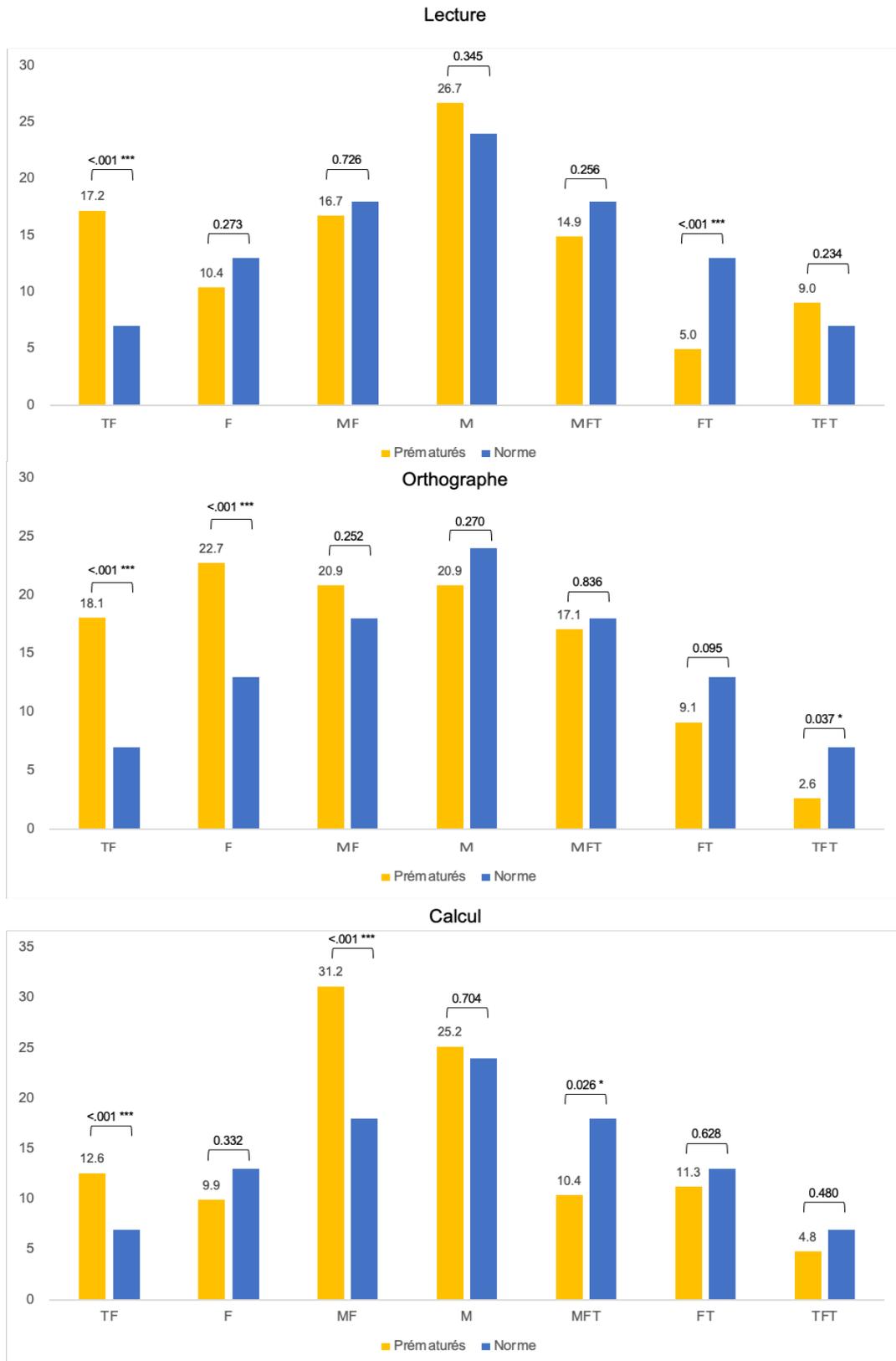


Figure 9: Distribution des notes des enfants nés prématurés à la BMT-i et les comparaisons avec les normes

Notes. TF : Très Faible ; F : Faible ; MF : Moyenne Faible ; M : Moyenne ; MFT : Moyenne Fort ; FT : Fort ; TFT : Très Fort

Normes BMT-i : TF =7% ; F =13% ; MF =18% ; M =24% ; MFT =18% ; FT = 13% ; TFT =7%

La distribution des notes en Orthographe met en évidence une asymétrie vers les classes les plus faibles. Des différences significatives sont notées dans les classes *Très Faible*, *Faible* et *Très Fort* montrant une surreprésentation des difficultés (voir Figure 9). Sur l'ensemble de la cohorte, le nombre d'erreurs total et le temps pour écrire la dictée est significativement plus élevé que la norme (respectivement 41,1 % et 60,5 % de difficultés recensées ; voir Tableau 26). Les enfants scolarisés en CP ne montrent pas de résultats significativement plus faibles que la norme en dictée de lettres ou de phrases. Pour les CE1, CE2 et CM1, seul le nombre d'erreurs en orthographe lexicale est significativement plus élevé que la norme (44,2%, $p < 0,001$ dans les classes *Faible* et *Très Faible* dont 25,6%, $p < 0,001$ dans la seule classe *Très Faible*). La distribution des notes en orthographe phonologique ou grammaticale ne montre pas de différence significative par rapport à la norme.

En Calcul mental, les enfants nés prématurés ont obtenu plus de notes dans les classes *Très Faible* et *Moyenne Faible* que la norme, et significativement moins dans la classe *Moyen Fort* (voir Figure 9). Les enfants prématurés scolarisés en CP ont réussi les calculs en prenant plus de temps pour les effectuer (53,9 % ont des notes dans les classes *Faible* et *Très Faible*, $p = 0,008$; Tableau 26). En CE1, CE2 et CM1, les résultats mettent en évidence que les réussites en additions, multiplications, divisions et dans la version mixte, sont dans les normes attendues. Seules les soustractions donnent lieu à une surreprésentation des classes *Faible* et *Très Faible* (34,9%, $p = 0,021$).

Tableau 26: Distributions des notes aux indicateurs de performance des enfants nés prématurés et comparaison avec les normes de la BMT-i

Classes (normes)	Très Faible (7%)			Faible (13%)			Moyen Faible (18%)			Moyen (24 %)			Moyen Fort (18%)			Fort (13%)			Très Fort (7%)			
	n	n	%	<i>p</i>	n	%	<i>p</i>	n	%	<i>p</i>	n	%	<i>p</i>	n	%	<i>p</i>	n	%	<i>p</i>	n	%	<i>p</i>
LECTURE																						
Temps lecture	56	10	17,9	0,005	6	10,7	0,842	10	17,9	1	12	21,4	0,755	8	14,3	0,602	5	8,9	0,549	5	8,9	0,594
Total erreurs	56	8	14,3	0,058	6	10,7	0,842	13	23,2	0,298	16	28,6	0,434	5	8,9	0,082	0	0	-	8	14,3	0,058
NMCL	55	11	20	< 0,001	5	9,1	0,546	9	16,4	0,862	11	20	0,635	9	16,4	0,862	6	10,9	0,841	4	7,3	0,793
Compréhension	54	9	16,7	0,012	6	11,1	0,840	5	9,3	0,110	20	37	0,037	11	20,4	0,598	0	0	-	3	5,6	1
DICTÉE																						
Temps (CE1-CM1)	43	15	34,9	< 0,001	11	25,6	0,022	8	18,6	0,844	3	7	0,007	2	4,7	0,017	2	4,7	0,115	2	4,7 ^a	0,768
Total erreurs	56	8	14,3	0,058	15	26,8	0,005	11	19,6	0,728	12	21,4	0,755	5	8,9	0,082	3	5,4	0,110	2	4,7 ^a	0,768
Erreur Lettre (CP)	13	2	15,4	0,230	2	15,4	0,682	1	7,7	0,486	1	7,7	0,326	7	53,9	0,232	-	-	-	-	-	-
Erreur phrase (CP)	13	1	7,7	0,611	3	23,1	0,234	2	15,4	1	4	30,8	0,526	3	23,1	0,394	-	-	-	-	-	-
Erreur phonologique (CE1 : CM1)	43	3	7	1	7	16,3	0,496	12	27,9	0,109	13	30,2	0,371	1	16,7 ^b	1	7	16,3	0,496	-	-	-
Erreur lexicale (CE1 : CM1)	43	11	25,6	< 0,001	8	18,6	0,258	9	20,9	0,556	8	18,6	0,479	3	50 ^b	0,076	4	9,3	0,650	0	0	-
Erreur grammaticale (CE1 : CM1)	43	3	11,1 ^c	1	7	31,8 ^d	0,018	10	23,3	0,425	12	27,9	0,592	6	27,3 ^d	0,265	5	110,6	1	0	0 ^d	-
CALCUL MENTAL																						
Temps (CP) ^f	13	4	30,8	0,018	3	23,1	0,209	2	15,4	1	2	15,4	0,747	-	-	-	2	15,4	0,152	-	-	-
Réussite (CP) ^f	13	2	15,4	0,097	1	7,7	0,077	-	-	-	3	23,1	0,562	-	-	-	7	53,9	1	-	-	-
Réussite addition (CE1 : CM1)	43	3	7	1	5	11,6	1	15	34,9	0,008	9	20,9	0,724	6	14	0,690	3	7	0,361	2	4,7	0,768
Réussite soustraction (CE1 : CM1)	43	6	14	0,122	9	20,9	0,168	4	9,3	0,166	15	34,9	0,107	3	7	0,072	3	7	0,361	3	7	1
Réussite multiplication (CE2 : CM1)	27	4	14,8	0,117	1	3,7	0,247	7	25,9	0,313	11	40,7	0,067	1	3,7	0,074	1	3,7	0,247	2	7,4	0,714
Réussite division (CM1)	6	2	33,3	0,061	0	0	-	1	16,7	1	2	33,3	0,635	0	0	-	1	16,7	0,566	0	0	-
Réussite mixte (CM1)	6	1	16,7	0,353	0	0	-	3	50	0,076	2	33,3	0,635	0	0	-	0	0	-	0	0	-

Notes. **NMCL** : Nombre de mots correctement lus par minute

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

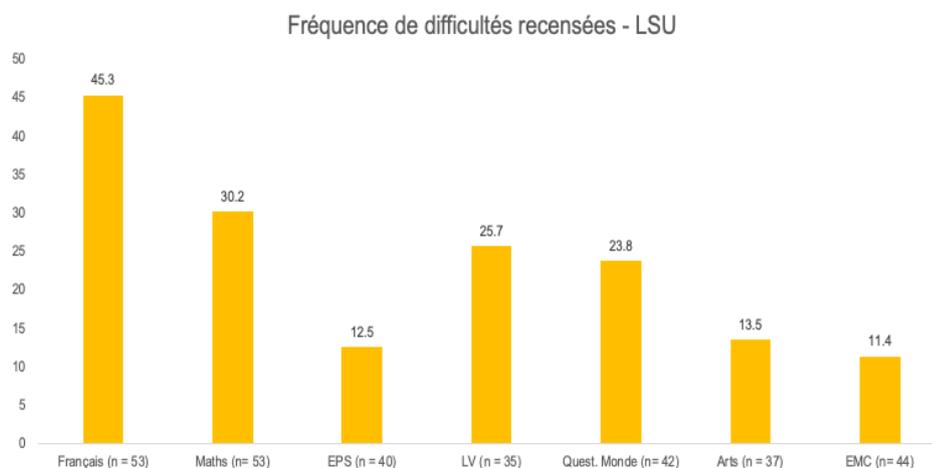
^a n= 43 ; ^b n= 6 ; ^c n= 27 ; ^d n= 22

^f Normes Temps (CP) : Très Faible = 8,2% ; Faible = 12,3% ; Moyen Faible = 18,4% ; Moyen = 24,5% ; Fort = 36,7% ; Normes réussites (CP) : Très Faible = 4,1% ; Faible = 10,8% ; Moyen = 34,7% ; Fort = 50,4%

8.3.2. Les indicateurs de réussite scolaire – le LSU

En complément des évaluations basées sur la performance, le protocole d'étude prévoyait la prise en compte d'indicateurs de réussite scolaire à partir des évaluations périodiques réalisées par les enseignants. Des données sont manquantes pour 3 patients, ramenant l'échantillon final d'analyse à 53 enfants nés prématurés. Pour rappel, dans le cadre de ce travail, les résultats dans les classes *Non atteints* et *Partiellement atteints* ont été considérés comme cliniquement significatifs.

L'évaluation menée par les enseignants à partir du LSU rapporte des difficultés chez 29 patients (54,7 %). Comme pour les mesures basées sur la performance, des difficultés sélectives, centrées sur une (18,9 %) ou deux disciplines (15,1 %) ont pu être retrouvées, tout comme des difficultés plus diffuses sur trois disciplines ou plus (20,8 %). Le *français* est la matière scolaire dans laquelle le plus de difficultés sont identifiées ($\chi^2 = 23,072$; $p = < 0,001$; voir Figure 10). Des difficultés en *mathématiques*, dans l'étude des *langues vivantes* et *questionner le monde* sont également plus fréquemment repérées. En revanche, l'*EMC*, l'*EPS* ainsi que les activités *artistiques* apparaissent moins susceptibles d'être impactées.



Notes. **EPS** : Éducation physique et sportive ; **LV** : Langue vivante ; **Quest. Monde** : Questionner le monde ; **EMC** : Éducation morale et civique

Figure 10: Fréquences des difficultés des enfants nés prématurés selon les disciplines scolaires évaluées avec le LSU

Concernant les savoirs fondamentaux que représentent le *français* et les *mathématiques* (voir Figure 11), aucune des dimensions évaluées ne présente de difficultés significatives par rapport aux autres (respectivement $\chi^2 = 3,718$; $p = 0,294$ et $\chi^2 = 1,068$; $p = 0,586$). Toutefois, on peut constater que les processus impliqués dans la *lecture* et *l'écriture – orthographe* indiquaient des déficits pour plus de 30% des patients.

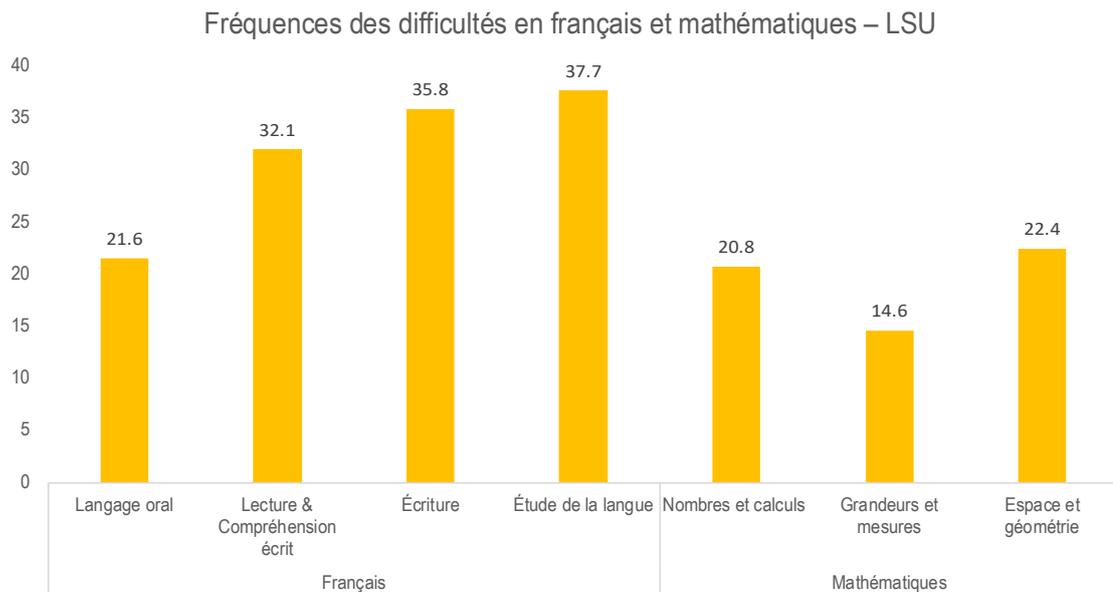


Figure 11: Fréquences des difficultés des enfants nés prématurés en français et en mathématiques à partir du LSU

8.3.3. Les « troubles d'apprentissage »

Un patient était considéré avec des *Troubles d'apprentissage (TA)* lorsque des difficultés étaient simultanément observées à la BMT-i (notes dans les classes *Faible* et *Très Faible*) et au LSU (notes dans les classes *Partiellement atteints* et *Non atteints*).

Les épreuves de la BMT-i présentent des corrélations fortes et significatives entre elles ($\rho = .59$ à $.68$). Les domaines du LSU montrent également des corrélations fortes et significatives entre eux ($\rho = .75$ à $.89$). Cependant, les relations entre les résultats à la BMT-i et au LSU apparaissent plus modestes ($\rho = .18$ à $.49$; voir Tableau 27). Les résultats

mettent en évidence des relations modérées et significatives pour la *Lecture* et la *Dictée* de la BMT-i avec le LSU en particulier avec sa partie spécifique dédiée au *français*. Le LSU-*français* entretient également des relations significatives avec l'épreuve de *Calcul mental* de la BMT-i alors qu'aucune relation significative n'est recensée par la partie spécifique de l'évaluation des *mathématiques* du LSU.

Tableau 27: Corrélations de Spearman entre les domaines scolaires évaluées à partir de la BMT-i et du LSU

	BMT-i			LSU		
	1	2	3	4	5	6
1. BMT-i – Lecture	-					
2. BMT-i – Dictée	.68***	-				
3. BMT-i – Calcul mental	.63***	.59***	-			
4. LSU	.31*	.33*	.23	-		
5. LSU – français	.44**	.49**	.39*	.89***	-	
6. LSU – mathématiques	.18	.25	.23	.89***	.75***	-

Notes. **BMT-i** : Batterie Modulaire de Tests informatisée ; **LSU** : Livret scolaire unique

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; p -value ajustées avec la correction FDR (Benjamini & Hochberg, 1995).

Dans le cadre de l'étude des *TA*, les taux de congruence entre la BMT-i et le LSU sont de 52,8 % à 71,7 % ($\kappa = 0,12$ à $0,43$) indiquant une concordance légère à modérée (Tableau 28). Une large part de l'échantillon ($n = 25$; 47,2%) montre une congruence de difficultés à la BMT-i et au LSU évoquant des *TA* (voir Figure 12). Plus spécifiquement, les difficultés conjointes à *Lecture* de la BMT-i et au LSU-*français* traduisent un *Trouble en Lecture* pour 17 enfants nés prématurés (soit 32,1%), des difficultés congruentes à *Dictée* de la BMT-i et LSU-*français* mettent en évidence un *Trouble de l'Orthographe* pour 35,8% de l'échantillon (soit $n = 19$) et les difficultés communes à *Calcul mental* de la BMT-i et LSU-*mathématiques* un *Trouble des mathématiques* pour 9 enfants nés prématurés (soit 17%) du groupe clinique (voir Figure 12).

Les *TA* apparaissent plutôt diffus sans différences significatives entre les trois disciplines scolaires ($\chi^2 = 5,207$; $p = 0,074$). Toutefois, les comparaisons individuelles ont

validé que l'Orthographe est significativement plus impactée que le Calcul mental ($\chi^2 = 4,853$; $p = 0,028$) tandis qu'il n'y a pas de différences avec la Lecture ($\chi^2 = 3,261$; $p = 0,071$) ou entre la Lecture et l'Orthographe ($\chi^2 = 0,168$; $p = 0,682$). Parmi les 28 patients sans TA, 21,4% ($n = 6$) ne présentent aucune difficulté aux deux évaluations, alors que 64,3% ($n = 18$) des incongruences révèlent des difficultés à la BMT-i qui ne sont pas recensées dans l'évaluation au LSU et 14,3% (soit $n = 4$) présentent des difficultés à la BMT-i non identifiées dans le LSU.

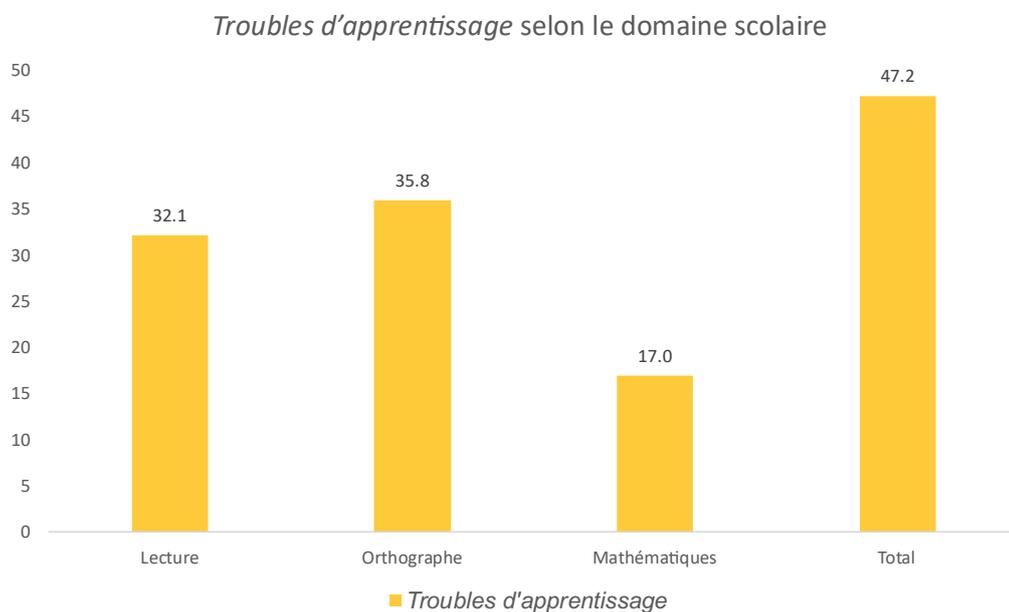


Figure 12: Fréquences des TA selon le domaine scolaire dans l'échantillon d'enfants nés prématurés ($n = 53$)

Tableau 28: Évaluation de la congruence entre les composantes similaires de la BMT-i et du LSU

Difficultés d'apprentissage												
n = 53	Lecture (BMT-i – classes <i>Faible</i> et <i>Très Faible</i>)				Dictée (BMT-i – classes <i>Faible</i> et <i>Très Faible</i>)				Calcul mental (BMT-i – classes <i>Faible</i> et <i>Très Faible</i>)			
	Scores congruents †	Difficultés incongruentes ‡	Congruence globale	κ (IC 95%)	Scores congruents †	Difficultés incongruentes ‡	Congruence globale	κ (IC 95%)	Scores congruents	Difficultés incongruentes ‡	Congruence globale	κ (IC 95%)
LSU – Français	38 (17)	15 (8/7)	38/53 (71,7%)	0,43 (0,19 ; 0,67)	28 (19)	25 (5/20)	28/53 (52,8%)	0,10 (-0,13 ; 0,32)				
LSU – Mathématiques									31 (9)	22 (7/15)	31/53 (58,5%)	0,14 (-0,12 ; 0,39)
Difficultés toutes épreuves confondues à la BMT-i (classes <i>Faible</i> et <i>Très Faible</i>)												
	Scores congruents †	Difficultés incongruentes ‡	Congruence globale	κ (IC 95%)								
LSU	31 (25)	22 (2/20)	31/53 (58,5%)	0,12 (-0,11 ; 0,34)								
Congruences de difficulté à la BMT-i et au LSU évoquant des Troubles d'apprentissage : n = 25 (47,2%)												

Notes. **BMT-i** : Batterie Modulable de Tests informatisée ; **LSU** : Livret scolaire unique

κ (IC 95%) : Kappa de Cohen (Intervalle de confiance à 95%)

† **Scores congruents** : Somme des absences de difficultés recensées (notes dans les classes *Moyen Faible* à *Très Fort* à la BMT-i et dans les classes *Atteints* et *Attentes dépassées* au LSU) et des difficultés congruentes (classes *Faible* et *Très Faible* à la BMT-i et classes *Partiellement atteints* et *Non atteints* du LSU). Entre parenthèses : le nombre de difficultés congruentes.

‡ **Difficultés incongruentes** : Notes dans les classes *Moyen Faible* à *Très Fort* à la BMT-i et dans les classes *Partiellement atteints* et *Non atteints* au LSU ou classes *Faible* et *Très Faible* à la BMT-i et dans les classes *Atteints* et *Attentes dépassées* au LSU. Entre parenthèses : le nombre de difficultés incongruentes recensés à la BMT-i / au LSU

8.4. Les fonctions exécutives

8.4.1. Les mesures basées sur la performance – la batterie FÉE

Pour rappel, tous les enfants inclus ont réalisé 8 épreuves basées sur la performance issues de la batterie FÉE. En associant 2 épreuves par dimension évaluée, un indice de vulnérabilité a été créé pour chaque composante exécutive (inhibition, MT, flexibilité et planification). Le Tableau 29 présente les résultats des enfants nés prématurés aux épreuves de la batterie FÉE.

Tableau 29: Moyenne et écart-type des enfants nés prématurés et de l'échantillon normatif et taille d'effet à la batterie FÉE

	Prématurés	Normes	U Mann-Whitney	<i>p</i>	<i>d</i> [ICd]
Indices de vulnérabilité	M (ET)				
Inhibition	0,7 (0,9) [n=56]	0,4 (0,6) [n = 837]	19171	0,018	-0,42 [-0,69 ; -0,15]
Mémoire de travail	0,9 (1,2) [n=56]	0,5 (0,8) [n = 636]	12899	< 0,001	-0,52 [-0,79 ; -0,24]
Flexibilité	1,7 (1,5) [n=56]	0,4 (0,7) [n = 798]	9128,5	< 0,001	-1,60 [-1,88 ; -1,32]
Planification	1,5 (1,9) [n=55]	0,4 (0,7) [n = 835]	14178	< 0,001	-1,25 [-1,53 ; -0,97]
Épreuves					
<i>Inhibition</i>					
Stroop	1,0 (1,7) [n=56]	0,4 (1,0) [n = 1140]	24760	< 0,001	-0,53 [-0,80 ; -0,26]
Tapping	0,4 (0,7) [n=56]	0,4 (0,7) [n = 863]	23855	0,859	-0,01 [-0,28 ; 0,26]
<i>Mémoire de travail</i>					
Mise à jour Visuospatiale	0,5 (1,4) [n=56]	0,5 (1,2) [n = 776]	21205	0,706	-0,05 [-0,32 ; 0,22]
Double Tâche	1,3 (2,1) [n=56]	0,5 (1,1) [n = 730]	15273	< 0,001	-0,65 [-0,92 ; -0,37]
<i>Flexibilité</i>					
Trail Making Test	1,1 (1,7) [n=56]	0,4 (0,9) [n = 849]	18378	< 0,001	-0,72 [-1 ; -0,45]
Grenouille	2,4 (2,2) [n=56]	0,5 (1,1) [n = 880]	9501	< 0,001	-1,56 [-1,84 ; -1,28]
<i>Planification</i>					
Figure de Rey avec programme	1,5 (2,6) [n=55]	0,3 (1,2) [n = 1136]	20780	< 0,001	-0,91 [-1,18 ; -0,63]
8 Labyrinthes	1,5 (2,7) [n=56]	0,5 (1,0) [n = 859]	20580	0,031	-0,84 [-1,11 ; -0,56]

Notes. **Batterie FÉE** : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant

M (ET) : Moyenne (écart-type) ; ***d*** : *d* de Cohen ; **ICd** : Intervalle de confiance des *d* de Cohen

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

Les résultats à la batterie FÉE montrent que les indices de vulnérabilité sont significativement plus élevés que la norme quelle que soit la composante des FE considérée (inhibition, MT, flexibilité et planification). Les tailles d'effet étaient faibles pour l'inhibition, modérées pour la MT et fortes pour la flexibilité et la planification ($d = -0,42$ à $-1,60$). Plus précisément, l'inhibition et la MT ont montré des scores significativement supérieurs avec des patterns de résultats distincts selon les épreuves proposées. Ainsi, le test de *Stroop* ($d = -0,53$) affiche des scores de vulnérabilité plus élevés chez les enfants prématurés en regard de la norme, résultats non retrouvés au *Tapping* ($d = -0,01$). En ce qui concerne les épreuves de MT, les difficultés sont marquées à la *Double Tâche* ($d = -0,65$), tandis que les différences avec l'échantillon normatif sont négligeables à la *Mise à jour visuospatiale* ($d = -0,05$). Concernant la flexibilité et la planification, les quatre épreuves mettent en évidence chez les enfants nés prématurés des scores de vulnérabilité plus élevés que la norme. Les résultats à l'indice de flexibilité montrent des différences par rapport aux normes dans les deux épreuves proposées. Les difficultés repérées sont d'autant plus marquées au test de la *Grenouille* ($d = -1,56$) qu'au *TMT* ($d = -0,72$; $U = 221,5$; $p < 0,001$). Concernant la planification, les résultats sont homogènes entre les deux épreuves ($U = 396$; $p = 0,505$) et montrent des tailles d'effets fortes ($d = -0,84$ et $-0,91$).

Le Tableau 30 présente, pour chaque indice de vulnérabilité et l'ensemble des épreuves, les résultats des indicateurs de performance, selon la sévérité des difficultés considérées à partir des seuils cliniques. Un dysfonctionnement exécutif est retrouvé dans des proportions environ deux à cinq fois plus importantes qu'attendu d'après les normes, selon les composantes.

Tableau 30: Détails des performances aux épreuves de la FÉE selon les indicateurs de performance dans la cohorte d'étude

Répartition au seuil ≥ 90													
Indices de vulnérabilité		Alerte [90, <95[Déficit [95, <99[Déficit sévère ≥ 99			Total ≥ 90		
		n	%	<i>p</i> [†]	n	%	<i>p</i> [§]	n	%	<i>p</i> [‡]	n	%	<i>p</i> [†]
Inhibition (n = 56)		4	7,1	0,655	4	7,1	0,363	3	5,4	0,019	11	19,6	0,024
Mémoire de travail (n = 56)		5	8,9	1	3	5,4	0,759	4	7,1	0,002	12	21,4	0,011
Flexibilité (n = 56)		12	21,4	0,011	6	10,7	0,060	11	19,6	< 0,001	29	51,8	< 0,001
Planification (n = 55)		3	5,5	0,369	6	10,9	0,056	12	21,8	< 0,001	21	38,2	< 0,001
Composantes exécutives, modalités, épreuves et indicateurs (n=56)													
		Alerte [90, <95[Déficit [95, <99[Déficit sévère ≥ 99			Total ≥ 90		
		n	%	<i>p</i> [†]	n	%	<i>p</i> [§]	n	%	<i>p</i> [‡]	n	%	<i>p</i> [†]
		Inhibition											
		Stroop											
VERBALE	Temps Interférence	3	5,4	0,369	2	3,6	1	5	8,9	< 0,001	9	16,1	0,175
	Erreurs Interférence	4	7,1	0,655	0	0	-	4	7,1	0,002	8	14,3	0,265
	Erreurs corrigées Partie C (impulsivité et contrôle)	4	7,1	0,655	1	1,8	0,530	3	5,4	0,019	8	14,3	0,265
		Tapping - enfant											
NON VERBALE	Temps Go/No go	0	0	-	0	0	-	1	1,8	0,430	1	1,8	0,041
	Erreurs Go/No go	7	12,5	0,502	1	1,8	0,530	1	1,8	0,430	9	16,1	0,175
	Temps Conflit	2	3,6	0,121	1	1,8	0,530	2	3,6	0,108	5	8,9	1
	Erreurs Conflit	5	8,9	1	2	3,6	1	2	3,6	0,108	9	16,1	0,175
		Mémoire de travail											
		Mise à jour visuospatiale											
NON VERBALE	Score MT visuospatiale	3	5,4	0,369	1	1,8	0,530	3	5,4	0,019	7	12,5	0,502
	Effet charge cognitive visuospatiale	2	3,6	0,121	1	1,8	0,530	1	1,8	0,430	3	5,4	0,369
		Double tâche											
VERBALE / NON VERBALE	Taux de maintien de perf. Empan	3	5,4	0,369	2	3,6	1	5	8,9	< 0,001	10	17,9	0,069
	Taux de maintien de perf. Barrage	2	3,6	0,121	1	1,8	0,530	5	8,9	< 0,001	8	14,3	0,265
	Score μ (mu)	6	10,7	0,823	2	3,6	1	7	12,5	< 0,001	15	26,8	< 0,001
		Flexibilité											
		TMT- Enfant											
VERBALE	Temps Flexibilité	4	7,1	0,655	1	1,8	0,530	8	14,3	< 0,001	13	23,2	0,003
	Erreurs Alternance	9	16,1	0,175	1	1,8	0,530	4	7,1	0,002	14	25	< 0,001
	Erreurs d'ordre Partie B (Mémoire de Travail)	2	3,6	0,121	2	5,4	1	4	7,1	0,002	8	14,3	0,265
		Grenouille											
NON VERBALE	Temps	5	8,9	1	8	14,3	0,006	21	37,5	< 0,001	34	60,7	< 0,001
	Erreurs	3	5,4	0,369	1	1,8	0,530	3	5,4	0,019	7	12,5	0,502

(à suivre)

Tableau 30: suite

Composantes exécutives, modalités, tests et indicateurs (n=56)		Répartition au seuil ≥ 90											
		Alerte [90, <95[Déficit [95, <99[Déficit sévère ≥ 99			Total ≥ 90		
		n	%	<i>p</i> [†]	n	%	<i>p</i> [§]	n	%	<i>p</i> [‡]	n	%	<i>p</i> [†]
Planification													
Figure de Rey avec programme (n=55)													
NON VERBALE	Copie spontanée (Multifactoriel) ^a	6	10,9	0,821	6	10,9	< 0,001	6	10,9	< 0,001	18	32,7	< 0,001
	Temps copie spontanée (Multifactoriel)	3	5,5	0,367	0	0	-	5	8,9	< 0,001	8	14,6	0,265
	Copie avec Programme ^a	2	3,6	0,172	7	12,7	0,019	4	7,1	0,002	13	23,6	0,003
	Indice de planification	3	5,5	0,367	4	7,3	0,355	7	12,7	< 0,001	14	25,5	< 0,001
8 Labyrinthes													
	Temps	3	5,4	0,369	1	1,8	0,530	8	14,3	0,006	12	21,4	0,011
	Impasses	1	1,8	0,041	1	1,8	0,530	4	7,1	0,002	6	10,7	0,823
Autres indicateurs													
Stroop													
	Accès au lexique - Temps Partie A	6	10,7	0,823	1	1,8	0,530	5	8,9	< 0,001	12	21,4	0,011
	Accès au lexique - Erreurs Partie A	3	5,4	0,369	2	3,6	1	3	5,4	0,019	8	14,3	0,265
	Lecture - Temps partie B	2	3,6	0,121	0	0	-	8	14,3	< 0,001	10	17,9	0,069
	Lecture - Erreurs partie B	2	3,6	0,121	1	1,8	0,530	4	7,1	0,002	7	12,5	0,502
TMT-Enfant													
	Vitesse de traitement - Temps partie A - Chiffres	7	12,5	0,502	3	5,4	0,759	6	10,7	< 0,001	16	28,6	< 0,001
	Vitesse de traitement - Temps partie A - Lettres	3	5,4	0,369	2	3,6	1	6	10,7	< 0,001	11	19,6	0,024

Notes. MT : Mémoire de travail ; TMT : Trail making test

[†] Comparaisons au seuil de 10% ; [§] Comparaisons au seuil de 5% ; [‡] Comparaisons au seuil de 1%

^a Les jugements inter-évaluateurs montraient des résultats *presque parfaits* (selon la terminologie de Landis & Koch, 1977) : copie spontanée ($\kappa = 0,93$ [IC 95% - 0,89 ; 0,96] et copie programme ($\kappa = 0,89$ [IC 95% - 0,85 ; 0,94]

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

La distribution des difficultés entre les rangs percentiles a montré une majorité de scores supérieurs au rang percentile 99 – soit des déficits sévères – pour la planification (21,8 %), tandis que les difficultés sont principalement distribuées sur le seuil d’alerte (21,4%) et les déficits sévères (19,6%) pour la flexibilité. Les distributions des fréquences de difficultés pour l’inhibition et la MT sont plus équilibrées avec des prévalences respectives de 5% à 7% et de 5% à 9% quel que soit le seuil (alerte, déficit et déficit sévère). Par ailleurs, les résultats indiquent que 80,4 % des enfants inclus (n = 45) montre une difficulté dans au moins une

composante des FE. La majorité d'entre eux présentent des déficits pour une ($n = 23$; 41,4%) ou deux composantes ($n=17$; 30,4%) des FE et plus rarement trois ($n = 4$; 7,14%) ou quatre composantes ($n = 1$; 1,79%). Les difficultés touchent l'ensemble des composantes des FE et les enfants nés prématurés sont plus susceptibles de rencontrer des difficultés sévères sur la majorité des indicateurs de performance (percentile ≥ 99). Seule la tâche de *Tapping* fait exception car les difficultés retrouvées ne s'écartent pas significativement de la norme pour cette épreuve d'inhibition. En revanche, les enfants ont 5 à 9 fois plus de risques de rencontrer des difficultés sévères sur les indicateurs de performance de l'épreuve de *Stroop*. Les indicateurs de contrôle de l'épreuve de *Stroop*, c'est-à-dire les phases de dénomination et de lecture sans interférence, montrent une fréquence de déficits sévères plus importante que la norme. Ces difficultés sont également plus marquées sur les indicateurs de temps que d'erreurs à l'instar de ce qui a été déjà rapporté sur les épreuves de Lecture de la BMT-i.

Les résultats aux épreuves de MT mettent en évidence que les fréquences de déficit sont plus importantes à *Double tâche* qu'à *Mise à jour visuospatiale*. Toutefois, les enfants nés prématurés ont 5 fois plus de difficultés sévères (\geq percentile 99) que la norme en MT visuospatiale. De plus, il est apparu que les enfants nés prématurés sont nettement moins efficaces pour gérer la situation de *Double tâche* par rapport à la tâche simple. Le score mu qui reflète cette efficacité est le plus impacté avec 26,8% de déficit et en particulier des décalages sévères (12,5 % ; voir Tableau 30). Les difficultés les plus marquées concernent les domaines de la flexibilité et de la planification. Tous les indicateurs de performance des quatre épreuves montrent des difficultés sévères significativement accrues. Les indicateurs de temps sont ceux qui se montrent les plus sensibles avec des risques particulièrement importants de déficits sévères (8,9 % à 37,5 % vs 1%). Lors du *TMT*, la partie A, qui consiste à relier des chiffres de 1 à 20 ou des lettres de A à T permettait également d'approcher la

vitesse de traitement. Les résultats mettent en évidence des difficultés supérieures à la norme et en particulier de déficits sévères (10,7%).

8.4.2. Les indicateurs de vie quotidienne – la BRIEF

Les parents et les enseignants des enfants inclus ont répondu au questionnaire d'évaluation BRIEF. Nous avons pu collecter la totalité des versions parent et un seul enseignant n'a pas retourné le questionnaire. Les scores de négativité et d'incohérence aux échelles de validité des protocoles des parents et des enseignants étaient acceptables pour chaque enfant en regard des normes disponibles, ce qui rend légitime d'interprétation des résultats.

Concernant la version parent, le Tableau 31 présente l'ensemble des résultats et montre des scores qui ne s'écartent pas de la moyenne des normes pour la grande majorité des indices et échelles cliniques. Seuls l'IRC et deux échelles cliniques (*Inhibition* et *Contrôle émotionnel*) mettent en évidence des scores significativement plus élevés tout en restant dans la moyenne et avec des tailles d'effet faibles ($d = 0,29$ à $0,37$). Les plaintes considérées comme cliniquement significatives (i.e., rang percentile ≥ 90) oscillent sur l'ensemble de l'inventaire entre 10,7 % et 32,1 % et sont supérieures aux normes pour l'indice CEG (23,2 %) mais pas pour les autres indices (IRC et IM). Toutefois, les trois indices rapportent des fréquences de plaintes sévères (\geq percentile 99) supérieures à la norme. Les échelles cliniques *Inhibition* et *MT* montrent des plaintes significatives, avec des déficits sévères plus fréquents à l'instar de *Contrôle émotionnel*. L'ensemble des autres échelles cliniques ne mettent pas en évidence plus de plaintes que la norme.

Tableau 31: Moyenne et écart-type des enfants nés prématurés, de l'échantillon normatif et taille d'effet à la BRIEF Parent. Distribution des difficultés repérées sur les indices et échelles cliniques

BRIEF Parent	Prématurés	Normes	Répartition au seuil ≥ 90																
			n = 56	M (ET)	Test Z	p	d [ICd]	Alerte [90, <95[Déficit [95, <99[Déficit sévère ≥ 99			Total ≥ 90		
								n	%	p [†]	n	%	p [§]	n	%	p [‡]	n	%	p [†]
CEG	52 (12,4)	50 (10)	1,483	0,138	0,20 [-0,06 ; 0,46]	6	10,7	0,823	4	7,1	0,363	3	5,4	0,019	13	23,2	0,003		
IRC	52,9 (12,6)	50 (10)	2,138	0,033	0,29 [0,02 ; 0,55]	1	1,8	0,041	4	7,1	0,363	5	8,9	< 0,001	10	17,9	0,069		
IM	51,7 (12,7)	50 (10)	1,256	0,209	0,17 [-0,09 ; 0,43]	6	10,7	0,823	1	1,8	0,530	3	5,4	0,019	10	17,9	0,069		
IRC																			
Inhibition	53,7 (13,7)	50 (10)	2,753	0,006	0,37 [0,11 ; 0,63]	5	8,9	1	8	14,3	0,006	5	8,9	< 0,001	18	32,1	< 0,001		
Flexibilité	49,9 (9,5)	50 (10)	-0,080	0,936	-0,01 [-0,27 ; 0,25]	3	5,4	0,369	2	3,6	1	1	1,8	0,430	6	10,7	0,823		
Contrôle émotionnel	52,9 (12,1)	50 (10)	2,151	0,031	0,29 [0,03 ; 0,55]	3	5,4	0,369	3	5,4	0,759	4	7,1	0,002	10	17,9	0,069		
IM																			
Initiation	49,9 (10,2)	50 (10)	1,256	0,209	-0,01 [-0,27 ; 0,25]	3	5,4	0,369	4	7,1	0,363	0	0	-	7	12,5	0,502		
Mémoire de travail	52,4 (13,9)	50 (10)	-0,067	0,947	0,24[-0,02 ; 0,50]	2	3,6	0,121	3	5,4	0,759	6	10,7	< 0,001	11	19,6	0,024		
Planification/Organisation	50,5 (11,5)	50 (10)	1,791	0,073	0,05 [-0,21 ; 0,31]	2	3,6	0,121	5	8,9	0,204	2	3,6	0,108	9	16,1	0,175		
Organisation du matériel	51,7 (10,7)	50 (10)	0,388	0,698	0,17 [-0,09 ; 0,44]	4	7,1	0,655	5	8,9	0,204	1	1,8	0,430	10	17,9	0,069		
Contrôle	49,9 (11,9)	50 (10)	1,310	0,190	-0,01[-0,27 ; 0,25]	2	3,6	0,121	5	8,9	0,204	1	1,8	0,430	8	14,3	0,265		

Notes. **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **CEG** : Composite exécutif global ; **IRC** : Indice de régulation comportementale ; **IM** : indice de métacognition.

M \pm **ET** : Moyenne \pm écart-type ; **d** : *d* de Cohen ; **ICd** : Intervalle de confiance des *d* de Cohen

[†] Comparaisons au seuil de 10% ; [§] Comparaisons au seuil de 5% ; [‡] Comparaisons au seuil de 1%

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

Les résultats de la version enseignant rapportent des moyennes significativement supérieures à la norme pour les trois indices et pour cinq échelles cliniques (*Inhibition*, *Contrôle émotionnel*, *MT*, *Organisation du matériel* et *Contrôle* ; voir Tableau 32). Les tailles d'effets observées sont faibles ($d = 0,11$ à $0,44$) exceptées pour l'*Organisation du matériel* qui présente une taille d'effet modérée ($d = 0,72$). Les enseignants ont signalé plus de plaintes exécutives que la norme à l'IM (20 % ; $p = 0,022$), mais pas aux indices CEG et IRC. Toutefois, une part significative d'enfants nés prématurés de l'échantillon présente des difficultés ou des déficits sévères supérieur au rang percentile 95 au CEG ($n = 8$; 14,5% ; $p = 0,006$). Les difficultés notées par les enseignants portent notamment sur l'échelle *MT* (21,8%) et dans les comportements nécessitant de l'autonomie pour se lancer dans une activité ou demandant plus d'aides pour entreprendre (*Initiation* ; 21,8%). Les enseignants notent également moins de comportements de vérifications du travail fait et de retours pour s'auto-évaluer (échelle *Contrôle* ; 27,3%). En outre, sur l'ensemble des échelles (hormis *Flexibilité* ; 1,8%), les enseignants rapportent plus de déficits sévères que la norme (de 7,3% à 14,6 % vs 1%).

Tableau 32: Moyenne et écart-type des enfants nés prématurés, de l'échantillon normatif et taille d'effet à la BRIEF Enseignant. Distribution des difficultés repérées sur les indices et échelles cliniques

BRIEF Enseignant	Prématurés	Normes	Répartition au seuil ≥ 90																
			n = 55	M (ET)	Test Z	p	d [ICd]	Alerte [90, <95[Déficit [95, <99[Déficit sévère ≥ 99			Total ≥ 90		
								n	%	p [†]	n	%	p [§]	n	%	p [‡]	n	%	p [†]
CEG	53,2 (14,7)	50 (10)	2,346	0,019	0,32 [0,05 ; 0,58]	1	1,8	0,041	4	7,3	0,355	4	7,3	0,002	9	16,4	0,116		
IRC	53,1 (15,5)	50 (10)	2,319	0,020	0,31 [0,05 ; 0,58]	2	3,6	0,172	3	5,5	0,755	4	7,3	0,002	9	16,4	0,116		
IM	52,8 (13,5)	50 (10)	2,077	0,038	0,28 [0,02 ; 0,54]	2	3,6	0,172	5	9,1	0,199	4	7,3	0,002	11	20	0,022		
IRC																			
Inhibition	54,4 (19,3)	50 (10)	3,236	0,001	0,44 [0,17 ; 0,70]	3	5,5	0,367	0	0	-	7	12,7	< 0,001	10	18,2	0,066		
Flexibilité	51,4 (11,3)	50 (10)	1,052	0,293	0,14 [-0,12 ; 0,41]	2	3,6	0,172	6	10,9	0,056	1	1,8	0,425	9	16,4	0,116		
Contrôle émotionnel	53,5 (14,1)	50 (10)	2,589	0,01	0,35 [0,08 ; 0,61]	2	3,6	0,172	3	5,5	0,755	5	9,1	< 0,001	10	18,2	0,066		
IM																			
Initiation	52,4 (11,2)	50 (10)	1,753	0,080	0,24 [-0,03 ; 0,50]	6	10,9	0,821	2	3,6	1	4	7,3	0,002	12	21,8	0,01		
Mémoire de travail	53,1 (12,9)	50 (10)	2,319	0,020	0,31 [0,05 ; 0,58]	4	7,3	0,655	3	5,5	0,755	5	9,1	< 0,001	12	21,8	0,01		
Planification/Organisation	51,1 (11,7)	50 (10)	0,823	0,411	0,11 [-0,15 ; 0,37]	1	1,8	0,041	3	5,5	0,755	5	9,1	< 0,001	9	16,4	0,116		
Organisation du matériel	57,2 (32,9)	50 (10)	5,380	< 0,001	0,72 [0,46 ; 0,99]	1	1,8	0,041	0	0	-	8	14,6	< 0,001	9	16,4	0,116		
Contrôle	52,7 (17,1)	50 (10)	2,036	0,042	0,27 [0,01 ; 0,54]	4	7,3	0,655	6	10,9	0,056	5	9,1	< 0,001	15	27,3	< 0,001		

Notes. **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **CEG** : Composite exécutif global ; **IRC** : Indice de régulation comportementale ; **IM** : indice de métacognition.

M ± ET : Moyenne ± écart-type ; **d** : d de Cohen ; **ICd** : Intervalle de confiance des d de Cohen

[†] Comparaisons au seuil de 10% ; [§] Comparaisons au seuil de 5% ; [‡] Comparaisons au seuil de 1%

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

Le Tableau 33 présente les comparaisons de moyenne, les corrélations de Spearman et les Kappa de Cohen entre les versions parent et enseignant de la BRIEF. Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les répondants, quels que soient l'échelle ou l'indice considérés. L'ensemble des indices et échelles montrent des corrélations significatives modérées à fortes entre les répondants ($\rho = 0,32$ à $0,69$). Les Kappa de Cohen mettent en évidence des accords de jugements modérés à substantiels ($\kappa = 0,30$ à $0,74$).

Tableau 33: Comparaisons des moyennes, corrélation de Spearman et Kappa de Cohen entre les versions Parent et Enseignant de la BRIEF

Indices et échelles	Parents	Enseignants	U Mann-Whitney	p	d [ICd]	Rho	IC à 95%	κ (IC à 95%)
	M (ET)							
CEG	52 (12,4)	53,2 (14,7)	1542	0,993	0,01 [-0,21 ; 0,21]	0,69 ***	[0,52 ; 0,81]	0,52 [0,28 ; 0,76]
IRC	52,9 (12,6)	53,1 (15,5)	1478	0,717	-0,04 [-0,25 ; 0,17]	0,61 ***	[0,40 ; 0,76]	0,51 [0,33 ; 0,69]
IM	51,7 (12,7)	52,8 (13,5)	1556,5	0,925	0,11 [-0,20 ; 0,22]	0,68 ***	[0,49 ; 0,80]	0,62 [0,46 ; 0,78]
IRC								
Inhibition	53,7 (13,7)	54,4 (19,3)	1421	0,484	-0,08 [-0,29 ; 0,14]	0,63 ***	[0,43 ; 0,77]	0,46 [0,25 ; 0,68]
Flexibilité	49,9 (9,5)	51,4 (11,3)	1571	0,856	0,02 [-0,19 ; 0,23]	0,43 **	[0,18 ; 0,63]	0,39 [0,16 ; 0,62]
Contrôle émotionnel	52,9 (12,1)	53,5 (14,1)	1464	0,655	-0,05 [-0,26 ; 0,17]	0,48 ***	[0,24 ; 0,67]	0,36 [0,14 ; 0,59]
IM								
Initiation	49,9 (10,2)	52,4 (11,2)	1697,5	0,354	0,10 [-0,11 ; 0,31]	0,50 ***	[0,26 ; 0,68]	0,46 [0,27 ; 0,66]
Mémoire de travail	52,4 (13,9)	53,1 (12,9)	1669	0,448	0,08 [-0,13 ; 0,29]	0,76 ***	[0,62 ; 0,86]	0,74 [0,63 ; 0,86]
Planification/ Organisation	50,5 (11,5)	51,1 (11,7)	1557,5	0,920	0,11 [-0,20 ; 0,22]	0,60 ***	[0,39 ; 0,75]	0,60 [0,42 ; 0,77]
Organisation du matériel	51,7 (10,7)	57,2 (32,9)	1347,5	0,256	-0,13 [-0,33 ; 0,09]	0,32 *	[0,05 ; 0,54]	0,30 [0,07 ; 0,53]
Contrôle	49,9 (11,9)	52,7 (17,1)	1642	0,549	0,07 [-0,15 ; 0,28]	0,70 ***	[0,53 ; 0,82]	0,57 [0,38 ; 0,76]

Notes. **CEG** : Composite exécutif global ; **IRC** : Indice de régulation comportementale ; **IM** : indice de métacognition.

M (ET) : Moyenne (écart-type) ; **d** : d de Cohen ; **ICd** : Intervalle de confiance des d de Cohen

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; *p-value* ajustées avec la correction FDR (Benjamini & Hochberg, 1995)

κ (IC 95%) : Kappa de Cohen (Intervalle de confiance à 95%)

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

8.4.3. Les « troubles des FE »

Il a été considéré qu'un enfant né prématuré présentait un *Trouble des FE* dès lors que des difficultés conjointes à la batterie FÉE et à l'indice CEG de la BRIEF parent ou enseignant étaient mises en évidence. Les Tableaux 34 et 35 rapportent respectivement les corrélations et la congruence entre ces différents indicateurs. Dans l'ensemble, la batterie FÉE et la BRIEF montrent peu de corrélations significatives (10/40), avec des tailles d'effet faibles à modérées ($\rho = -.03$ à $.41$). L'inhibition de la batterie FÉE présente des corrélations significatives faibles à modérées avec l'indice GEC et la majorité des échelles cliniques de la BRIEF quel que soit le répondant ($\rho = .29$ à $.41$). D'autre part, l'indice de planification de la batterie FÉE présente une association significative faible à modérée avec le CEG et les échelles *MT*, *Planification* de la version parent de la BRIEF ($\rho = .28$ à $.37$), mais aucune dans la version de l'enseignant. L'indice de *MT* de la FÉE a une relation significative modérée seulement avec l'échelle d'*Inhibition* de la version enseignant. Enfin, l'indice de flexibilité de la FÉE, l'indice CEG et les échelles cliniques ne montrent aucune corrélation significative entre eux tant sur la version parent qu'enseignant.

Tableau 34: Corrélations de Spearman entre les composantes similaires de la Batterie FÉE et la BRIEF

Batterie FÉE (n=56)	Inhibition	MT	Flexibilité	Planification
BRIEF – Parent (n=56)				
Inhibition	.29*	.11	.18	.24
Mémoire de travail	.41**	.17	.20	.29
Flexibilité	.12	-.03	-.03	.13
Planification/Organisation	.32*	.09	.20	.33*
CEG	.34*	.11	.15	.37*
BRIEF – Enseignant (n=55)				
Inhibition	.21	.30*	.20	.22
Mémoire de travail	.30*	.24	.19	.18
Flexibilité	.33*	-.04	.12	.16
Planification/Organisation	.28	.14	.17	.26
CEG	.32*	.24	.27	.25

Notes. **Batterie FÉE** : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **CEG** : Composite exécutif global ; **MT** : Mémoire de travail

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; p -value ajustées avec la correction FDR (Benjamini & Hochberg, 1995).

Tableau 35: Évaluation de la congruence entre les composantes similaires mesurées dans la batterie FÉE et les échelles cliniques de la BRIEF (parent et enseignant) dans l'échantillon d'enfants nés prématurés

BRIEF	Batterie FÉE							
	Inhibition (n=56)				MT (n=56)			
	Scores congruents †	Scores incongruents ‡	Congruence globale	κ (IC 95%)	Scores congruents	Scores incongruents	Congruence globale	κ (IC 95%)
Parents (n=56)								
Inhibition	31 (2)	25 (9)	31/56 (55,4%)	-0,14 (-0,36 ; 0,08)				
Mémoire de travail					35 (1)	21 (11)	35/56 (62,5%)	-0,15 (-0,35 ; 0,05)
CEG	36 (2)	20 (9)	36/56 (64,3%)	-0,06 (-0,30 ; 0,19)	35 (2)	21 (10)	35/56 (62,5%)	-0,08 (-0,32 ; 0,16)
Enseignant (n=55)								
Inhibition	38 (2)	17 (9)	38/55 (69,1%)	0 (-0,26 ; 0,26)				
Mémoire de travail					39 (3)	16 (8)	39/55 (70,9%)	0,15 (-0,14 ; 0,44)
CEG	41 (3)	14 (8)	41/55 (74,5%)	0,15 (0,15 ; 0,45)	40 (3)	15 (9)	40/55 (72,7%)	0,12 (-0,17 ; 0,41)
BRIEF	Flexibilité (n=56)				Planification (n=55)			
	Scores congruents †	Scores incongruents ‡	Congruence globale	κ (IC 95%)	Scores congruents	Scores incongruents	Congruence globale	κ (IC 95%)
Parents (n=56)								
Flexibilité	27 (3)	29 (26)	27/56 (48,2%)	-0,01 (-0,17 ; 0,15)				
Planification/Organisation					35 (5)	21 (16)	35/55 (63,6%)	0,14 (-0,10 ; 0,37)
CEG	26 (6)	30 (23)	26/56 (46,4%)	-0,05 (0,27 ; 0,17)	38 (8)	18 (13)	38/55 (69,1%)	0,29 (0,04 ; 0,54)
Enseignant (n=55)								
Flexibilité	30 (7)	25 (22)	30/55 (54,5%)	0,16 (-0,03 ; 0,34)				
Planification/Organisation					33 (4)	21 (17)	33/54 (61,1%)	0,06 (-0,18 ; 0,30)
CEG	31 (7)	24 (22)	31/55 (56,4%)	0,16 (-0,03 ; 0,34)	31 (3)	23 (17)	31/54 (57,4%)	-0,03 (-0,26 ; 0,20)

Difficultés congruentes à la Batterie FÉE et à la BRIEF signifiant un Trouble des FE : n = 17 (30,4%)

Notes. **Batterie FÉE** : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **CEG** : Composite exécutif global ; **MT** : Mémoire de travail

κ (IC 95%) : Kappa de Cohen (Intervalle de confiance à 95%)

† **Scores congruents** : Somme des rangs percentiles normaux (<90 pour la batterie FÉE et la BRIEF) et les déficits congruents (rang percentile \geq 90 pour la batterie FÉE et la BRIEF). Entre parenthèses : le nombre de difficultés congruentes.

‡ **Difficultés incongruentes** : Rang percentile \geq 90 pour la BRIEF et rang percentile < 90 pour la Batterie FÉE ou Rang percentile < 90 pour la BRIEF et rang percentile \geq 90 pour la Batterie FÉE. Entre parenthèses : le nombre de difficultés observés à la Batterie FÉE et incongruentes à la BRIEF.

Entre les scores à la batterie FÉE et le CEG de la BRIEF, les taux de congruence sont de 46,4 % à 69,1 % pour les parents ($\kappa = -0,05$ à $0,29$) et de 56,4 % à 74,5 % pour les enseignants ($\kappa = -0,03$ à $0,16$), ce qui indiquait une concordance médiocre à passable (Tableau 35). Au sein des échelles cliniques, la congruence est médiocre à légère entre la batterie FÉE et la BRIEF parent, allant de 48,2 % à 63,6 % ($\kappa = -0,14$ à $0,14$) et est légère entre la FÉE et la BRIEF enseignant oscillant de 54,5 % à 70,9 % ($\kappa = 0$ à $0,16$).

La Figure 13 représente la distribution des difficultés repérées à la batterie FÉE et aux deux formes de la BRIEF (parent et enseignant). Il apparaît que les difficultés sont davantage retrouvées à partir des tâches basées sur la performance par rapport aux échelles de vie quotidienne (sauf pour l'inhibition évaluée par les parents). L'analyse de la congruence des difficultés entre les indices de vulnérabilité à la batterie FÉE et les scores CEG à la BRIEF (parents ou enseignants), a mis en évidence que 17 enfants nés prématurés (soit 30,4 %) montrent un *Trouble de FE* repéré par des difficultés simultanées dans les deux modes d'évaluation (voir Figure 13). L'analyse des congruences a permis de mettre évidence des *Troubles de l'inhibition* pour 7,1% des enfants nés prématurés ($n = 4$), des *Troubles de la MT* pour 8,9% ($n = 5$), des *Troubles de la planification* chez 16,1% (soit $n = 9$) et des *Troubles de la flexibilité* pour 19,6% ($n = 11$) des enfants nés prématurés (Figure 13) sans montrer de différences significatives ($\chi^2 = 4,893$; $p = 0,180$) entre les différentes composantes.

Parmi les 39 patients sans *Trouble des FE*, 25,6 % d'entre eux ($n = 10$) ne présentent aucune difficulté aux deux évaluations, tandis que 96,6 % ($n = 28$) des incongruences révèlent un déficit à la batterie FÉE qui n'est pas observé au CEG de la BRIEF quel que soit le répondant et $n = 1$, soit 3,4% présente des difficultés au CEG qui ne sont pas identifiées à la batterie FÉE.

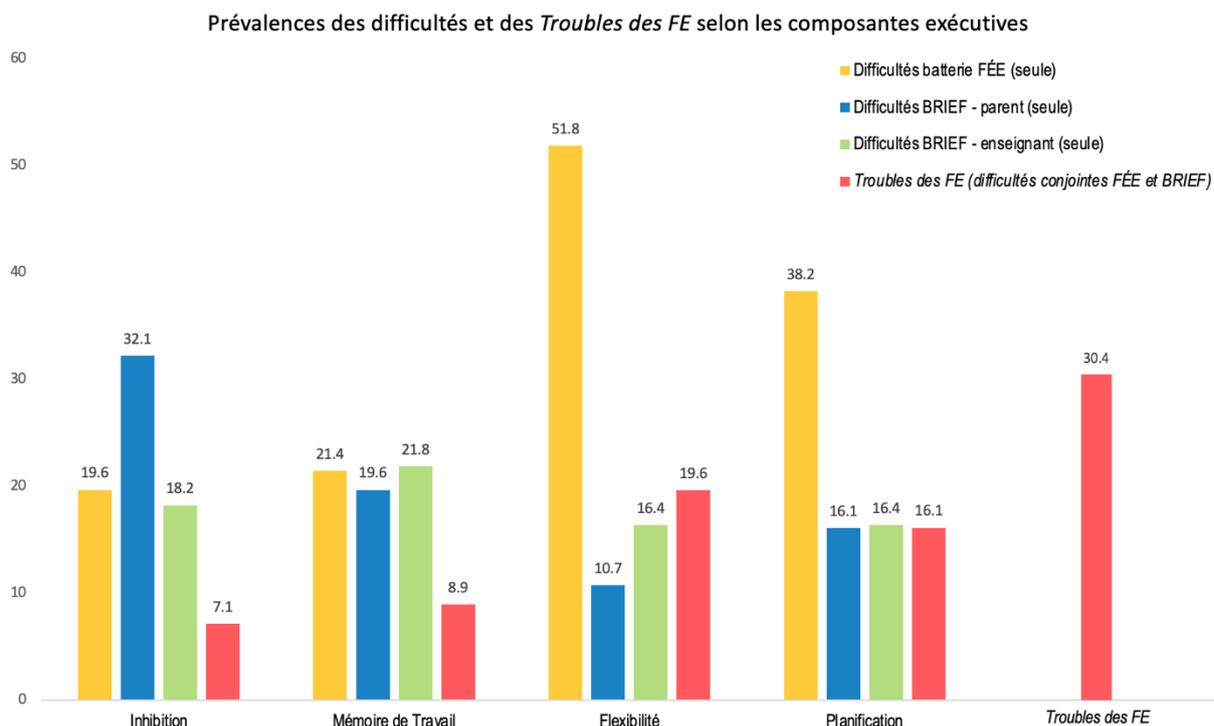


Figure 13: Distribution des difficultés et troubles selon les composantes exécutives chez les enfants nés prématurés

Notes. **Troubles des FE** : Difficultés congruentes (\leq percentile 90) à au moins un des indices de vulnérabilité de la batterie FÉE (inhibition, MT, flexibilité et planification) et à l'indice CEG de la BRIEF (parent ou enseignant).

8.5. Impact des FE sur les apprentissages scolaires

Notre question de recherche consiste à examiner dans quelle mesure les *Troubles des FE* contribuent à expliquer les *TA* chez des enfants nés prématurés. Les résultats précédents ont mis en évidence que 47,2 % de l'échantillon d'enfants nés prématurés présentent des *TA* et 30,4% sont identifiés avec des *Troubles des FE*.

Les corrélations de Spearman présentées dans le Tableau 36 révèlent des associations significatives modérées entre la batterie FÉE et la BMT-i ou le LSU ($\rho = -.30$ à $-.42$). Plus précisément, l'indice de vulnérabilité d'inhibition montre des corrélations modérées avec la *Lecture* et le *Calcul Mental* de la BMT-i et le LSU-*français*. L'indice de flexibilité est modérément corrélé avec le LSU et le LSU-*français*. Des relations modérées sont retrouvées entre la planification et la *Dictée*, le *Calcul mental* de la BMT-i et le LSU-*mathématiques*. Il

apparaît que l'indice de MT n'a pas de relation significative avec les résultats scolaires. Des corrélations modérées à fortes apparaissent entre les scores de CEG de la BRIEF et l'ensemble des épreuves scolaires ($\rho = -.33$ à $-.72$).

Tableau 36: Corrélations de Spearman entre les fonctions exécutives (Batterie FÉE et BRIEF) et les résultats scolaires (BMT-i et LSU)

	Batterie FÉE				BRIEF			BMT-i			LSU	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. FÉE – Inhibition	-											
2. FÉE – Mémoire de travail	.16	-										
3. FÉE – Flexibilité	.40**	.42**	-									
4. FÉE – Planification	-.10	.08	-.09	-								
5. BRIEF CEG – Parents	.34*	.11	.15	.37*	-							
6. BRIEF CEG – Enseignants	.32*	.24	.27	.25	.69***	-						
7. BMT-i – Lecture	-.32*	-.22	-.23	-.26	-.46**	-.50***	-					
8. BMT-i – Dictée	-.21	-.11	-.21	-.30*	-.44**	-.40**	.68***	-				
9. BMT-i – Calcul mental	-.32*	-.27	-.21	-.42**	-.44**	-.33*	.63***	.59***	-			
10. LSU	-.25	-.26	-.37*	-.22	-.45**	-.63***	.31*	.33*	.23	-		
11. LSU – Français	-.33*	-.26	-.38*	-.22	-.58***	-.72***	.44**	.49**	.39*	.89***	-	
12. LSU – Mathématiques	-.27	-.24	-.25	-.36*	-.40**	-.49**	.18	.25	.23	.89***	.75***	-

Notes. **Batterie FÉE** : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **BMT-i** : Batterie Modulable de Tests informatisée ; **CEG** : Composite exécutif global ; **LSU** : Livret scolaire unique.

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; p -value ajustées avec la correction FDR (Benjamini & Hochberg, 1995).

Le Tableau 37 présente les difficultés congruentes retrouvées entre les FE et les résultats scolaires. Selon les composantes exécutives et les domaines scolaires, 31 à 100% des enfants avec des difficultés des FE rencontrent des difficultés scolaires. Plus précisément, parmi les 17 patients évalués avec des *Troubles des FE*, 13 (soit 76,5 %) présentent des *TA*.

Tableau 37: Fréquences des difficultés congruentes entre les FE, les difficultés scolaires et les Troubles d'apprentissage pour les enfants nés prématurés

n (%)	BMT-I (n = 45)			LSU (n = 29)			Troubles d'apprentissage (n = 25)
	Lecture	Dictée	Calcul mental	LSU	Français	Maths	
Batterie FÉE (n = 45)	39 (87,7)			28 (62,2)			25 (55,6)
BRIEF CEG (n = 18)	16 (88,9)			15 (83,3)			13 (72,2)
FÉE – Inhibition (n = 11)	6 (54,5)	11 (100)	6 (54,5)	8 (72,7)	6 (54,5)	6 (54,5)	8 (72,7)
FÉE – Mémoire de travail (n = 12)	5 (41,7)	8 (66,7)	6 (50)	9 (75)	8 (66,7)	5 (41,7)	7 (58,3)
FÉE – Flexibilité (n = 29)	15 (51,7)	23 (79,3)	15 (51,7)	20 (69)	17 (58,6)	9 (31)	18 (62,1)
FÉE – Planification (n = 21)	12 (57,1)	14 (66,7)	13 (61,9)	13 (61,9)	11 (52,4)	10 (47,6)	11 (52,4)
BRIEF CEG – Parent (n = 13)	9 (69,2)	10 (76,9)	10 (76,9)	10 (76,9)	9 (69,2)	5 (38,5)	11 (84,6)
BRIEF CEG – Enseignant (n = 9)	7 (77,8)	7 (77,8)	6 (66,7)	9 (100)	8 (88,9)	5 (55,6)	8 (88,9)
Troubles des FE (n = 17)	13 (76,5)	14 (82,4)	13 (76,5)	14 (82,4)	13 (76,5)	7 (41,2)	13 (76,5)

Notes. Les fréquences ont été calculées sur la base de l'échantillon des difficultés exécutives (ex. sur les 45 enfants rencontrant des difficultés à la batterie FÉE, 39 (87,7%) rencontraient des difficultés scolaires évaluées à la BMT-i)

Batterie FÉE : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **BMT-i** : Batterie Modulaire de Tests informatisée ; **CEG** : Composite exécutif global ; **LSU** : Livret scolaire unique.

Afin d'évaluer l'impact des FE sur les apprentissages scolaires, des régressions logistiques avec correction de Firth ont été réalisées. Les résultats mettent en évidence que les enfants nés prématurés identifiés avec un *Trouble des FE* présentent un risque accru de difficultés scolaire et plus particulièrement de *TA* ($OR : 7,87$; $IC\ 95\% : 2,20 ; 35,20$; $p = 0,003$; voir Tableau 38). Plus spécifiquement, les *Troubles des FE* prédisent la présence des *Troubles en Lecture* ($OR : 6,57$; $IC\ 95\% : 1,93 ; 24,7$; $p = 0,003$), des *Troubles en Orthographe* ($OR : 7,26$; $IC\ 95\% : 2,13 ; 27,8$; $p = 0,002$) mais pas des *Troubles en Mathématiques* ($OR : 2,13$; $IC\ 95\% : 0,50 ; 8,81$; $p = 0,29$).

Par ailleurs, les *Troubles des FE* prédisent la présence de difficultés à *Lecture* et *Calcul mental* (BMT-i ; Tableau 39) et sur les indicateurs de réussite scolaire renseignés par les enseignants (LSU ; Tableau 40) sans toutefois impacter les difficultés à *Dictée* de la BMT-i ou au LSU-mathématiques.

L'indice de planification de la batterie FÉE ainsi que le CEG de la BRIEF enseignant apparaissent comme les prédicteurs les plus forts des *TA* dans les analyses multivariées. En particulier, l'indice de planification permet notamment de prédire les difficultés à *Lecture* et à *Calcul mental* de la BMT-i (*OR* : 1,40 à 1,60 ; Tableau 39) et au LSU et plus spécifiquement au LSU-*mathématiques* (*OR* : 1,60 à 1,64 ; Tableau 40). Le CEG de la BRIEF enseignant contribue à expliquer les difficultés relevées par les enseignants au LSU et au LSU-*français*. De plus, le CEG de la BRIEF parent permet de prédire les difficultés à *Calcul mental* de la BMT-i. En complément, les difficultés mises en évidence aux indices d'inhibition et de MT de la batterie FÉE impactent les difficultés au LSU-*mathématiques*.

Tableau 38: Régressions logistiques univariées et multivariées avec les notes d'indices de vulnérabilité de la batterie FÉE, les scores T de la BRIEF et les Troubles des FE comme prédicteurs des Troubles d'apprentissage

Troubles d'apprentissage	Univariée					Multivariée		
	N	n	OR	95% IC	p	OR	95% IC	p
Batterie FÉE								
Inhibition	53	25	1,64	0,93 ; 3,30	0,110	1,64	0,82 ; 3,66	0,160
Mémoire de travail	53	25	1,57	0,99 ; 2,75	0,074	1,35	0,72 ; 2,65	0,320
Flexibilité	53	25	1,81	1,20 ; 3,02	0,009	1,58	1,01 ; 2,91	0,068
Planification	52	24	1,42	1,04 ; 2,05	0,037	1,65	1,12 ; 2,61	0,014
BRIEF								
CEG Parent	53	25	1,08	1,03 ; 1,15	0,003	1,02	0,95 ; 1,09	0,590
CEG Enseignant	52	24	1,14	1,06 ; 1,24	<0,001	1,12	1,04 ; 1,23	0,006
Trouble des FE	53	17	7,87	2,20 ; 35,20	0,003	-	-	-

Notes. Régressions logistiques univariées et multivariées avec correction de Firth (Firth, 1993 ; van Smeden et al., 2016).

N : Échantillon complet ; **n** : Nombre d'événements ; **OR** : Odds Ratio ; **IC** : Intervalle de confiance

Batterie FÉE : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **CEG** : Composite exécutif global

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

Tableau 39: Régressions logistiques univariées et multivariées avec les notes d'indices de vulnérabilité de la batterie FÉE, les scores T de la BRIEF et les Troubles des FE comme prédicteurs des difficultés sur les indicateurs de performance à la BMT-i

<i>BMT-i – Lecture</i>	Univariée					Multivariée		
	N	n	OR	95% IC	<i>p</i>	OR	95% IC	<i>p</i>
Batterie FÉE								
Inhibition	56	26	1,08	0,63 ; 1,88	0,770	0,99	0,54 ; 1,79	0,980
Mémoire de travail	56	26	1,05	0,67 ; 1,64	0,820	0,85	0,48 ; 1,42	0,520
Flexibilité	56	26	1,26	0,90 ; 1,83	0,190	1,34	0,91 ; 2,17	0,160
Planification	55	25	1,37	1,02 ; 1,93	0,045	1,40	1,04 ; 1,98	0,033
BRIEF								
CEG Parent	56	26	1,05	1,01 ; 1,11	0,025	1,04	0,98 ; 1,10	0,240
CEG Enseignant	55	25	1,06	1,02 ; 1,13	0,014	1,04	0,99 ; 1,11	0,150
Trouble des FE	56	17	5,89	1,78 ; 22,7	0,006	-	-	-
<i>BMT-i – Dictée</i>	Univariée					Multivariée		
	N	n	OR	95% IC	<i>p</i>	OR	95% IC	<i>p</i>
Batterie FÉE								
Inhibition	56	40	1,65	0,84 ; 4,41	0,200	1,40	0,68 ; 3,73	0,390
Mémoire de travail	56	40	0,90	0,57 ; 1,47	0,650	0,70	0,39 ; 1,21	0,190
Flexibilité	56	40	1,48	0,97 ; 2,51	0,091	1,54	0,96 ; 2,81	0,093
Planification	55	39	1,07	0,79 ; 1,51	0,690	1,13	0,84 ; 1,62	0,440
BRIEF								
CEG Parent	56	40	1,02	0,97 ; 1,07	0,390	1,00	0,95 ; 1,07	0,880
CEG Enseignant	55	39	1,02	0,98 ; 1,07	0,370	1,02	0,97 ; 1,09	0,540
Trouble des FE	56	17	2,11	0,59 ; 9,25	0,270	-	-	-
<i>BMT-i – Calcul mental</i>	Univariée					Multivariée		
	N	n	OR	95% IC	<i>p</i>	OR	95% IC	<i>p</i>
Batterie FÉE								
Inhibition	56	25	1,57	0,90 ; 3,03	0,130	1,67	0,92 ; 3,40	0,100
Mémoire de travail	56	25	1,15	0,74 ; 1,81	0,540	1,07	0,61 ; 1,86	0,800
Flexibilité	56	25	1,18	0,85 ; 1,69	0,330	1,13	0,77 ; 1,71	0,530
Planification	55	24	1,50	1,10 ; 2,15	0,016	1,60	1,14 ; 2,41	0,010
BRIEF								
CEG Parent	56	25	1,07	1,02 ; 1,12	0,007	1,06	1,00 ; 1,14	0,046
CEG Enseignant	55	24	1,05	1,00 ; 1,10	0,027	1,01	0,96 ; 1,06	0,700
Trouble des FE	56	17	6,60	1,99 ; 25,6	0,003	-	-	-

Notes. Régressions logistiques univariées et multivariées avec correction de Firth (Firth, 1993 ; van Smeden et al., 2016).

N : Échantillon complet ; n : Nombre d'événements ; OR : Odds Ratio ; IC : Intervalle de confiance

Batterie FÉE : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; **BMT-i** : Batterie Modulaire de Tests informatisée ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **CEG** : Composite exécutif global

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

Tableau 40: Régressions logistiques univariées et multivariées avec les notes d'indices de vulnérabilité de la batterie FÉE, les scores T de la BRIEF et les Troubles des FE comme prédicteurs des difficultés aux indicateurs de réussite scolaire évalués avec le LSU

LSU	Univariée					Multivariée		
	N	n	OR	95% IC	p	OR	95% IC	p
Batterie FÉE								
Inhibition	53	29	1,48	0,84 ; 2,98	0,210	1,39	0,71 ; 2,97	0,330
Mémoire de travail	53	29	1,81	1,08 ; 3,65	0,043	1,51	0,82 ; 3,19	0,190
Flexibilité	53	29	1,86	1,20 ; 3,18	0,010	1,56	0,97 ; 2,93	0,088
Planification	52	28	1,32	0,97 ; 1,90	0,100	1,47	1,01 ; 2,28	0,048
BRIEF								
CEG Parent	53	29	1,13	1,06 ; 1,22	<0,001	1,07	0,98 ; 1,16	0,140
CEG Enseignant	52	28	1,18	1,09 ; 1,31	<0,001	1,13	1,04 ; 1,27	0,008
Trouble des FE	53	17	8,42	2,17 ; 47,4	0,005	-	-	-
LSU – Français								
LSU – Français	Univariée					Multivariée		
	N	n	OR	95% IC	p	OR	95% IC	p
Batterie FÉE								
Inhibition	53	24	1,25	0,73 ; 2,26	0,420	1,10	0,58 ; 2,08	0,760
Mémoire de travail	53	24	1,50	0,95 ; 2,55	0,100	1,18	0,68 ; 2,11	0,530
Flexibilité	53	24	1,65	1,12 ; 2,65	0,019	1,52	1,00 ; 2,66	0,074
Planification	52	23	1,25	0,94 ; 1,73	0,140	1,29	0,94 ; 1,86	0,130
BRIEF								
CEG Parent	53	24	1,11	1,05 ; 1,20	<0,001	1,06	0,99 ; 1,15	0,085
CEG Enseignant	52	23	1,12	1,05 ; 1,21	0,001	1,08	1,01 ; 1,18	0,032
Trouble des FE	53	17	8,89	2,47 ; 40,1	0,002	-	-	-
LSU – Mathématiques								
LSU – Mathématiques	Univariée					Multivariée		
	N	n	OR	95% IC	p	OR	95% IC	p
Batterie FÉE								
Inhibition	53	16	1,73	0,98 ; 3,32	0,066	2,21	1,14 ; 4,93	0,022
Mémoire de travail	53	16	1,55	0,98 ; 2,57	0,065	1,85	1,02 ; 3,75	0,047
Flexibilité	53	16	1,16	0,80 ; 1,67	0,420	0,96	0,57 ; 1,47	0,850
Planification	52	15	1,42	1,05 ; 2,00	0,029	1,64	1,10 ; 2,62	0,018
BRIEF								
CEG Parent	53	16	1,07	1,02 ; 1,14	0,010	1,04	0,98 ; 1,12	0,180
CEG Enseignant	52	15	1,05	1,01 ; 1,10	0,025	1,03	0,98 ; 1,08	0,260
Trouble des FE	53	17	2,17	0,70 ; 8,05	0,160	-	-	-

Notes. Régressions logistiques univariées et multivariées avec correction de Firth (Firth, 1993 ; van Smeden et al., 2016).

N : Échantillon complet ; n : Nombre d'événements ; OR : Odds Ratio ; IC : Intervalle de confiance

Batterie FÉE : Batterie d'évaluation des fonctions exécutives de l'enfant ; BRIEF : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; CEG : Composite exécutif global ; LSU : Livret scolaire unique.

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

8.6. Influence des facteurs périnataux et sociodémographiques

Les objectifs et hypothèses de cette étude, en écho aux données recueillies dans la revue de littérature et les résultats de la méta-analyse, prenaient également en compte plusieurs facteurs périnataux et sociodémographiques afin de questionner leurs impacts sur les difficultés et *Troubles* mis en évidence. Les différents facteurs périnataux qui ont été étudiés sont le sexe, l'AG, le PN et la présence de RCIU. Plusieurs variables sociodémographiques ont été considérées comme le niveau d'étude des parents (mère, père et les deux), la présence d'antécédents familiaux de TND, de retard de développement identifiés, les besoins d'enseignement spécialisé et de prises en soin paramédicales ou psychologiques. Enfin, certains parents portaient une demande bilan neuropsychologique en amont de l'inclusion dans l'étude. Le Tableau 41 regroupe les valeurs de p des comparaisons selon chacun des facteurs considérés sur l'ensemble des mesures du protocole (exécutives et scolaires ; l'ensemble des résultats [moyenne, ET, tests inférentiels et régressions logistiques univariées] sont présentés en Annexe 6, p.374). En complément des comparaisons de groupes, les régressions logistiques univariées montrent qu'aucun des facteurs périnataux pris en compte n'est prédictif de la présence de *TA* et de *Troubles des FE*. Concernant les facteurs de risque sociodémographiques, le fait que les parents aient un niveau d'étude supérieur à Bac + 2 (père ou les deux) apparaît comme un facteur de protection face au développement de *TA* et de *Troubles des FE* (OR compris entre 4,55 et 8,22). Le niveau d'étude de la mère permet de prédire l'apparition de *TA* (OR : 6,61 ; IC 95% : 1,38 ; 31,56 ; $p = 0,018$) mais pas de *Troubles des FE* (OR : 2,88 ; IC 95% : 0,66 ; 12,52 ; $p = 0,159$). La présence d'antécédents de TND, de retards de développement identifiés et le fait que les parents aient une demande d'évaluation neuropsychologique en amont de la rencontre ne sont pas des prédicteurs de la présence de *TA* et de *Troubles des FE*. En revanche, les besoins d'enseignements spécialisés et de soins paramédicaux ou psychologiques apparaissent

dépendants de la présence de *TA* (respectivement $OR : 52,8$; $IC\ 95\% : 6,13 ; 6949$; $p = 0,007$; $OR : 3,04$; $IC\ 95\% : 1,02 ; 9,60$; $p = 0,050$) et de *Troubles des FE* (respectivement $OR : 7,06$; $IC\ 95\% : 1,91 ; 29,6$; $p = 0,005$; $OR : 3,89$; $IC\ 95\% : 1,24 ; 13,20$; $p = 0,023$).

Tableau 41: Comparaisons des prévalences entre les groupes selon les facteurs périnataux et sociodémographiques (valeurs de p).

	Différences de prévalence de difficultés et de Troubles entre les groupes enfants nés prématurés												
	Batterie FÉE				BRIEF		Troubles des FE	BMT-i			LSU	Trouble d'apprentissage	WISC-V QIT ^a
	INHIB	MT	FLEX	PLAN	PAR	ENS		LEC	DIC	CAL			
Facteurs périnataux													
Sexe (F [n = 23] ; G [n = 33])	0,311	0,478	0,961	0,734	0,032	0,573	0,242	0,361	0,797	0,215	0,254	0,442	0,990
AG (<32 SA [n = 31] ; 32-34 SA [n = 25])	0,461	0,815	0,571	0,226	0,900	0,425	0,730	0,386	0,932	0,530	0,530	0,465	0,790
PN (<1500g [n = 23] ; ≥1500g [n = 33])	0,742	0,962	0,621	0,070	0,132	0,361	0,562	0,712	0,144	0,488	0,590	0,728	0,905
RCIU (n = 9)	0,105	0,066	0,227	0,241	0,072	0,641	0,170	0,112	0,050	0,140	0,288	0,173	0,206
Facteurs environnementaux													
Niveau d'étude supérieur – Mère (n = 29)	0,013	0,889	0,032	0,551	0,273	0,203	0,103	0,186	0,028	0,001	0,037	0,002	0,002
Niveau d'étude supérieur – Père (n = 28)	0,737	1	0,181	0,864	0,027	0,249	0,009	0,284	1	0,016	0,037	0,009	0,018
Niveau d'étude supérieur – Deux parents (n = 21)	0,030	0,313	0,007	0,992	0,060	0,281	0,009	0,333	0,222	0,003	0,025	0,002	0,002
Antécédents familiaux de TND (n = 10)	0,397	0,903	0,901	0,054	0,575	0,731	0,464	0,342	0,508	0,707	0,429	0,198	0,738
Retard identifié par les parents ou un professionnel (n = 11)	0,892	0,598	0,121	0,890	0,722	0,045	0,224	0,942	0,915	0,037	0,504	0,219	0,028
Besoins d'enseignement spécialisé (n = 12)	0,030	0,650	0,609	0,104	0,013	0,004	0,002	0,004	0,013	0,002	< 0,001	< 0,001	0,001
Besoin de soin paramédical (n = 22)	0,363	0,634	0,830	0,365	0,012	0,054	0,01	0,038	0,436	0,517	0,011	0,021	0,526
Demande « à priori » d'évaluation neuropsychologique (n = 7)	0,703	0,622	0,762	0,785	0,023	0,874	0,099	0,543	0,371	0,128	0,340	0,570	0,423

Notes. **FÉE** : Batterie d'évaluation de fonctions exécutives ; **INHIB** : Difficulté d'inhibition ; **MT** : Difficulté de mémoire de travail ; **FLEX** : Difficulté de flexibilité ; **PLAN** : Difficulté de planification ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **CEG PAR** : Difficultés révélées au score composite exécutif global BRIEF Parents ; **CEG ENS** : Difficultés révélées au score composite exécutif global BRIEF Enseignants ; **BMT-i** : Batterie modulable de test – informatique ; **LEC** : Difficulté à *Lecture* – BMT-i ; **DIC** : Difficulté à *Dictée* – BMT-i ; **CAL** : Difficulté à *Calcul mental* – BMT-i ; **LSU** : Difficultés révélées par le livret scolaire unique ; **QIT** : Quotient intellectuel total au WISC-V (différences entre les moyennes) ; **A** : Absence de données.

AG : Âge gestationnel ; **SA** : Semaine d'aménorrhées ; **PN** : Poids de naissance ; **RCIU** : Retard de croissance intra-utérin ; **TND** : Trouble neurodéveloppementaux

Batterie FÉE et BRIEF : Difficulté si score < 90^e percentile ; **BMT-i** : Difficulté si score dans les classes « *Faible* » et « *Très faible* » ; **LSU** : Difficulté si note dans les classes « *Partiellement atteints* » et « *Non atteints* »

Trouble des FE : Difficultés communes à au moins une dimension de la FÉE et à au moins une évaluation à la BRIEF (≥ rang percentile 90)

Trouble d'apprentissage : Difficultés conjointes à la BMT-i (score dans les classes « *Faible* » et « *Très faible* ») et au LSU (note dans les classes « *Partiellement atteints* » et « *Non atteints* »)

Les différences significatives (p < 0,05) sont en gras

8.7. Étude des profils

En lien avec nos hypothèses de recherche et les objectifs cliniques posés, et après les études de groupes, il apparaissait important d'examiner plus en détail la variabilité individuelle des *TA* et des *Troubles des FE*. En ce sens, nous avons réalisé une étude de profil. Ainsi, le Tableau 42 regroupe les performances individuelles des enfants nés prématurés sur l'ensemble des épreuves du protocole ainsi que les *Troubles* repérés. Il apparaît qu'aucun des enfants nés prématurés ne présente de difficulté dans l'ensemble des composantes exécutives et domaines scolaires. De plus, trois d'entre eux sont en réussite sur l'ensemble des épreuves du protocole (LAC₃₃ LAC₃₉ et LAC₅₇) et 27 enfants (soit 48,2%) ne présentent pas de *TA* ou de *Troubles des FE*. Ils sont 28,6% (n = 16) à avoir un trouble isolé soit des FE (n= 4 ; 7,1%) soit un *TA* (n = 12 ; 21,4%) et 13 enfants nés prématurés (23,2%) ont des *Troubles* conjoints.

Tableau 42: Performances individuelles des enfants nés prématurés aux mesures du protocole selon l'âge et la présence de Troubles des FE et d'apprentissage identifiés

Prématurés	AG	PN	Age	Batterie FÉE				BRIEF		Trouble des FE	Classe	BMT-i			LSU	Trouble Apprentissage	WISC-V QIT
				INHIB	MT	FLEX	PLAN	PAR	ENS			LEC	DIC	CAL			
LAC51	31 ⁺⁵	1920	7 ⁺⁰	+	+	--	+	+	+	Non	CP	+	-	+	A	A	119
LAC4	31 ⁺⁴	1395	7 ⁺⁰	+	--	--	-	+	+	Non	CP	+	+	+	-	Non	110
LAC41	32 ⁺⁵	1160	7 ⁺⁰	+	+	+	--	+	+	Non	CP	+	+	+	+	Non	118
LAC33	30 ⁺⁵	1300	7 ⁺¹	+	+	+	+	+	+	Non	CP	+	+	+	+	Non	110
LAC44	30 ⁺⁰	1010	7 ⁺¹	+	+	+	+	+	+	Non	CE1	+	--	+	+	Non	137
LAC47	33 ⁺⁰	1780	7 ⁺¹	+	+	--	+	+	+	Non	CP	+	+	-	+	Non	104
LAC55	33 ⁺⁰	1970	7 ⁺¹	+	+	-	+	+	+	Non	CP	-	+	+	+	Non	119
LAC8	32 ⁺⁴	1940	7 ⁺³	--	+	--	+	+	+	Non	CP	+	-	--	+	Non	100
LAC28	31 ⁺¹	1750	7 ⁺⁵	+	+	+	+	+	+	Non	CE1	-	-	+	+	Non	115
LAC26	30 ⁺⁶	1625	7 ⁺⁶	-	+	--	+	+	+	Non	CE1	-	--	+	+	Non	105
LAC34	31 ⁺⁵	1500	7 ⁺⁸	+	-	--	+	+	+	Non	CE1	+	--	--	+	Non	116
LAC24	32 ⁺¹	1780	7 ⁺¹⁰	+	+	+	--	+	+	Non	CE1	-	--	--	+	Non	102
LAC45	33 ⁺¹	1680	7 ⁺¹⁰	+	+	+	+	+	+	Non	CE1	+	-	+	+	Non	133
LAC46	33 ⁺¹	1810	7 ⁺¹⁰	--	+	--	+	+	+	Non	CE1	+	-	+	+	Non	120
LAC54	32 ⁺²	1100	7 ⁺¹⁰	+	+	+	--	+	+	Non	CE1	+	+	+	A	A	106
LAC38	32 ⁺³	1490	8 ⁺⁶	+	--	+	+	+	+	Non	CE2	+	+	+	+	Non	112
LAC25	29 ⁺⁵	960	8 ⁺⁸	+	+	+	-	+	+	Non	CE2	+	-	+	+	Non	118
LAC3	33 ⁺⁶	1925	8 ⁺¹⁰	+	+	+	+	+	+	Non	CE2	+	+	+	-	Non	113
LAC1	33 ⁺¹	1605	8 ⁺¹¹	+	-	-	+	+	+	Non	CE2	+	--	-	+	Non	101
LAC39	30 ⁺⁶	1415	8 ⁺¹¹	+	+	+	+	+	+	Non	CE2	+	+	+	+	Non	139
LAC12	32 ⁺¹	2030	9 ⁺⁰	+	+	+	+	--	-	Non	CE2	+	+	+	-	Non	110
LAC13	33 ⁺⁴	2010	9 ⁺⁰	+	+	+	+	+	+	Non	CM1	--	--	--	+	Non	100
LAC52	27 ⁺⁶	805	9 ⁺⁰	+	+	-	+	+	+	Non	CE2	+	+	+	+	Non	117
LAC17	28 ⁺⁵	1145	9 ⁺¹	+	+	+	+	+	+	Non	CM1	-	--	+	+	Non	122
LAC18	28 ⁺⁵	1365	9 ⁺¹	+	+	+	--	+	+	Non	CM1	+	-	+	+	Non	116
LAC57	31 ⁺³	1745	9 ⁺¹	+	+	+	+	+	+	Non	CE2	+	+	+	+	Non	115
LAC15	29 ⁺⁵	1645	9 ⁺⁴	+	+	+	+	+	+	Non	CM1	+	--	+	+	Non	107
LAC29	29 ⁺⁶	1225	7 ⁺⁵	+	-	-	-	--	+	Oui	CE1	+	+	+	-	Non	120
LAC49	32 ⁺¹	1930	8 ⁺⁶	+	+	+	--	-	+	Oui	CE2	+	-	-	+	Non	109
INF01	31 ⁺⁴	1550	9 ⁺¹	+	+	+	--	-	+	Oui	CE2	-	+	-	A	A	100
LAC14	34 ⁺⁶	1910	9 ⁺¹	+	+	+	--	--	+	Oui	CM1	+	--	--	+	Non	101

(à suivre)

Tableau 42 : suite

Patients	AG	PN	Age	Batterie FÉE				BRIEF		Trouble des FE	Classe	BMT-i			LSU	Trouble d'Apprentissage	WISC-V QIT
				INHIB	MT	FLEX	PLAN	PAR	ENS			LEC	DIC	CAL			
LAC5	30 ⁺⁵	1500	7 ⁺⁰	+	+	+	--	+	+	Non	CP	-	+	--	-	Oui	99
LAC30	28 ⁺¹	1205	7 ⁺⁴	+	+	+	--	+	+	Non	CE1	--	--	-	-	Oui	108
LAC37	28 ⁺²	1180	7 ⁺⁴	+	+	--	+	+	+	Non	CE1	+	--	--	-	Oui	93
LAC20	29 ⁺³	1495	7 ⁺⁸	+	+	--	--	+	+	Non	CE1	-	-	--	-	Oui	92
LAC31	30 ⁺⁵	1670	7 ⁺⁸	+	--	+	+	+	+	Non	CE1	+	-	+	-	Oui	120
LAC19	32 ⁺³	2170	7 ⁺⁹	+	+	--	+	+	+	Non	CE1	--	--	+	-	Oui	108
LAC53	32 ⁺⁵	1610	7 ⁺¹⁰	--	+	--	--	+	+	Non	CE1	+	-	+	-	Oui	109
LAC50	32 ⁺¹	2065	8 ⁺⁶	--	+	-	+	+	+	Non	CE2	+	-	+	-	Oui	102
LAC43	28 ⁺⁰	1000	8 ⁺⁸	-	--	-	--	+	+	Non	CE2	--	-	--	-	Oui	75
LAC11	32 ⁺¹	1810	9 ⁺⁰	+	-	--	+	+	+	Non	CE2	+	-	+	-	Oui	96
LAC21	34 ⁺³	2000	9 ⁺⁰	+	+	--	+	+	+	Non	CE2	-	-	+	-	Oui	106
LAC16	29 ⁺⁵	1345	9 ⁺⁴	-	+	+	--	+	+	Non	CM1	--	--	--	-	Oui	92
LAC6	31 ⁺⁶	1585	7 ⁺⁰	+	--	-	--	+	--	Oui	CP	--	+	--	-	Oui	89
LAC42	31 ⁺¹	1500	7 ⁺⁰	+	+	+	--	--	--	Oui	CP	--	--	-	-	Oui	84
LAC48	33 ⁺²	1720	7 ⁺⁰	+	--	--	A	-	+	Oui	CP	--	--	--	-	Oui	100
LAC2	32 ⁺¹	1290	7 ⁺¹	-	+	-	+	+	--	Oui	CP	+	-	+	-	Oui	93
LAC40	31 ⁺⁴	1600	7 ⁺⁴	+	+	-	+	-	+	Oui	CE1	--	--	--	-	Oui	96
LAC32	27 ⁺⁶	1030	7 ⁺⁸	+	+	-	--	--	--	Oui	CP	--	-	--	-	Oui	98
LAC35	33 ⁺⁵	1575	8 ⁺⁴	--	+	+	+	-	+	Oui	CE2	--	--	--	-	Oui	96
LAC36	33 ⁺⁵	2050	8 ⁺⁴	+	+	--	--	--	+	Oui	CE2	--	--	-	-	Oui	124
LAC23	30 ⁺⁶	1705	8 ⁺⁷	+	-	--	+	+	--	Oui	CE2	-	-	-	-	Oui	106
LAC56	30 ⁺³	1760	8 ⁺⁹	+	+	+	--	--	A	Oui	CE2	+	--	+	-	Oui	101
LAC9	30 ⁺¹	1200	9 ⁺⁰	--	+	--	+	-	--	Oui	CE2	--	--	-	-	Oui	95
LAC10	30 ⁺¹	1465	9 ⁺⁰	--	+	-	+	+	--	Oui	CE2	--	--	--	-	Oui	91
LAC22	34 ⁺³	1340	9 ⁺⁰	+	--	--	+	+	--	Oui	CE2	-	-	+	-	Oui	106

Notes. **AG** : Âge gestationnel (semaines^{+jours}) ; **PN** : Poids de naissance (grammes) ; **Age** : Années^{+mois} ; **FÉE** : Batterie d'évaluation de fonctions exécutives ; **INHIB** : Indice de vulnérabilité d'inhibition ; **MT** : Indice de vulnérabilité de mémoire de travail ; **FLEX** : Indice de vulnérabilité de flexibilité ; **PLAN** : Indice de vulnérabilité de planification ; **BRIEF** : Inventaire d'évaluation comportementale des fonctions exécutives ; **PAR** : Score Composite exécutif global BRIEF Parents ; **ENS** : Score Composite exécutif global BRIEF Enseignants ; **LEC** : Score à Lecture – BMT-i ; **DIC** : Score à Dictée – BMT-i ; **CAL** : Score à Calcul mental – BMT-i ; **LSU** : Livret scolaire unique ; **QIT** : Quotient intellectuel total au WISC-V ; **A** : Absence de données.

Trouble des FE : Difficultés communes à au moins une dimension de la FÉE et à au moins une évaluation à la BRIEF (≥ rang percentile 90).

Trouble d'apprentissage : Au moins une note Faible ou Très faible à la BMT-i et au moins une note dans les classes Partiellement Atteints et Non Atteints au LSU ;

FÉE et BRIEF : -- : Score percentiles ≥ 95 ; - : Score compris entre les percentiles ≥ 90 et < 95 ; + : Score rang percentile < 90.

BMT-i : -- : Score dans la classe Très Faible ; - : Score dans la classe Faible ; + : Score compris dans les classes Moyenne Faible à Très Fort.

WISC-V : QIT ≥ +1 écart-type ; QIT < -1 écart-type.

8.7.1. Les profils scolaires

Les résultats montrent que 6 enfants (10,7 %) ne présentent aucune difficulté scolaire tant sur les mesures de performance que sur les indicateurs de réussite scolaire renseignés par les enseignants. Par ailleurs, les résultats précédents rapportaient des difficultés identifiées à la BMT-i qui ne ressortaient pas dans l'évaluation enseignante. En revanche, 4 patients (LAC₃ ; LAC₄ ; LAC₁₂ et LAC₂₉) montrent des difficultés relevées au LSU et qui n'ont pas été repérées à la BMT-i. Pour ces enfants, les difficultés relevées par les enseignants n'ont pas été évaluées dans le protocole (*Langue vivante* [LAC₃, LAC₂₉], la qualité de la graphie ou *Grandeurs et mesure* [LAC₄]). Concernant LAC₁₂, c'est un enfant qui est en difficulté dans tous les domaines du LSU notamment pour des questions de comportements de retrait face aux évaluations, mais qui n'ont pas été retrouvés dans cette situation d'attente et durant laquelle il s'est mobilisé et a montré des performances scolaires adaptées à son âge. Par ailleurs, 2 enfants nés prématurés (LAC₁₃ ; LAC₂₄) ont des difficultés, dont des notes *Très Faible*, dans les trois domaines scolaires (lecture, orthographe et calcul) évalués à la BMT-i sans que ces difficultés ne se retrouvent dans les évaluations enseignantes. Au contraire, les LSU de ces enfants rapportaient notamment des objectifs *Atteints* (LAC₁₃) voire des *Attentes dépassées* (LAC₂₄) exprimant notamment un « *excellent semestre dans l'ensemble des domaines* » (LAC₁₃).

Une étude fine des profils met en évidence des disparités parfois importantes entre les évaluations à partir des tests basés sur la performance et les indicateurs de réussite scolaire remplis par les enseignants. D'une manière générale, sur les 11 enfants nés prématurés repérés avec des difficultés importantes à l'indicateur de fluence (NMCL) en *Lecture* à la BMT-i (notes dans les classes *Très faible* et *Hors Limite*), seuls 2 (LAC₉ ; LAC₁₀) ont des résultats au LSU dans la classe *Non Atteints* dans la rubrique correspondante. Ainsi, 3 enfants nés prématurés (LAC₁₆ ; LAC₃₀ ; LAC₃₂) présentent des résultats *Très*

Faible voire *Hors Limite* à NMCL tandis que les LSU rapportent des objectifs *Atteints* en *Lecture et compréhension d'écrit*. Évalué en milieu de CE1, LAC₃₀ lit correctement 30 mots/min à la BMT-i lorsque les attendus de fin de CP sont de 50 mots/min. C'est précisément le score de fluence de LAC₁₆ évalué au premier trimestre de CM1 (classe *Hors Limite*). LAC₃₂ qui est évalué au cours de son second CP (seul enfant maintenu de l'échantillon) ne parvient pas à déchiffrer correctement le texte proposé. Durant 3 minutes (avant arrêt de l'épreuve), la quasi-totalité des mots lus comportent des erreurs (inversions ou confusion de sons, découpage syllabique défaillant, cherche à deviner les mots à partir de la première syllabe). De son côté, l'enseignante note en classe une fluence de 27 mots/min précisant qu'elle a « *augmenté depuis l'an dernier* » ajoutant par ailleurs « *un grand bravo pour les progrès en lecture* ».

8.7.2. Les profils exécutifs

Lorsque des *Troubles des FE* ont été mis en évidence, les enfants nés prématurés présentaient majoritairement des résultats supérieurs au rang percentile 95 soit à la batterie FÉE, soit à la BRIEF. Seul LAC₄₀ est considéré avec un *Trouble des FE* avec des difficultés au seuil d'alerte (rang percentile compris entre 90 et 95) dans les deux types d'évaluation. Sur l'ensemble de la cohorte, 10 enfants (17,9 %) ne présentent aucune difficulté exécutive que ce soit à travers les mesures basées sur la performance ou les indicateurs de vie quotidienne. LAC₁₂ est le seul enfant de l'échantillon pour lequel des plaintes à la BRIEF parent et enseignant sont mises en évidence sans que ces difficultés ne soient retrouvées lors des épreuves basées sur la performance. Par ailleurs, seul 3 autres enfants (LAC₉ ; LAC₃₂ et LAC₄₂) montrent des plaintes congruentes entre les différents répondants.

Parmi les enfants nés prématurés qui rencontrent des difficultés identifiées à la batterie FÉE, pour 28 d'entre eux (50 %), ces difficultés n'avaient pas de retentissement à travers les indicateurs de vie quotidienne à la maison ou à l'école. Aussi, des difficultés dans

les quatre composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification) sont retrouvées pour LAC₄₃, avec des déficits sévères, tandis qu'aucune plainte ne ressort des BRIEF.

9. DISCUSSION GENERALE

L'objectif principal de ce travail consistait à examiner l'impact des FE sur les apprentissages scolaires chez les enfants nés prématurés. Afin de répondre aux carences théoriques et méthodologiques relevées et à partir des recommandations internationales (Denckla, 1996; Diamond, 2013; Guimard et al., 2007; Roy, 2015b; Roy, Fournet et al., 2020; Toplak et al., 2013), une évaluation inédite a été proposée à 56 enfants nés prématurés. Elle visait à appréhender les principales composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification) et les différents domaines d'apprentissages scolaires (lecture, orthographe et mathématiques), incluant à la fois des tests basés sur la performance et des indicateurs issus de la vie quotidienne (parents et enseignants). La mise en évidence de difficultés scolaires et exécutives et plus largement la définition de *TA* et de *Troubles des FE*, lorsque les difficultés étaient congruentes entre les différents modes d'évaluation, ont été abordées. Enfin, la question de l'impact des facteurs périnataux et sociodémographiques sur les difficultés scolaires et exécutives a aussi été appréhendée. De ce fait, bien qu'étant multiples, les objectifs sous-jacents à cette étude étaient d'interroger la vulnérabilité précoce des FE chez les enfants nés prématurés en proposant une approche transversale favorisant les liens entre les domaines de la médecine, de la psychologie et de l'éducation dans une dynamique intégrative.

9.1. La confirmation de l'impact des FE sur les apprentissages scolaires dans la prématurité

Conformément à l'objectif principal de cette étude, les résultats indiquent que les *Troubles des FE* prédisent les *TA* chez les enfants nés prématurés. Plus précisément, les *Troubles des FE* prédisent la présence de *Troubles* dans les trois domaines scolaires considérés (lecture, orthographe et mathématiques). Ces résultats confirment notre hypothèse principale et le questionnement au cœur de notre thèse. Spécifiquement, notre travail met en évidence que toutes les composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification) peuvent être amenées à prédire les difficultés scolaires et notamment en lecture et en mathématiques. La planification se distingue particulièrement comme un facteur crucial d'explication des *TA* chez ces enfants nés prématurés. Elle implique d'anticiper, de fixer des objectifs et d'élaborer activement des stratégies pour les étapes nécessaires à la réalisation d'une tâche, ce qui est essentiel dans les apprentissages scolaires. Une planification efficace facilite l'organisation des pensées et l'extraction d'informations significatives dans les textes, ce qui facilite la compréhension dans le contexte de la lecture. De même, en mathématiques, la planification facilite la résolution de problèmes en définissant des étapes, en choisissant des stratégies et en gérant des calculs complexes. Alors que des recherches antérieures mettent en évidence l'influence de fonctions dites « de base » telles que l'inhibition, la MT et la flexibilité dans la réussite scolaire (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Baron et al., 2012; Mulder et al., 2010), le rôle de la planification a été relativement peu étudié. Les résultats obtenus pourraient s'expliquer à la fois par l'âge lors de l'évaluation (en moyenne 8 ans) et du fait des facteurs de protection présents dans l'échantillon. Les études qui ont identifié l'inhibition, la MT et la flexibilité comme des prédicteurs significatifs des difficultés scolaires se sont principalement concentrées sur les enfants d'âge préscolaire (Clark & Woodward, 2015) ou avec des âges gestationnels ou des PN plus faibles, ainsi que

des QIT plus faibles provenant de milieux socio-économiques moins favorisés (Johnson et al., 2011; Twilhaar et al., 2020) que les enfants de notre échantillon. Jusque vers 6 ans, les données disponibles encouragent à considérer les FE comme encore très interdépendantes (ou relativement indifférenciées) (Lee et al., 2013). La planification constitue une composante de plus haut niveau, aussi son calendrier développemental est tributaire des développements des composantes de base (Diamond, 2013) et les capacités nécessaires pour planifier efficacement plusieurs étapes pour la réalisation d'un objectif tendraient à s'accroître et à se différencier à partir de 8 ans (Best et al., 2009). D'autre part, bien qu'il y ait un certain nombre de difficultés repérées dans les trois composantes de base (inhibition, MT, flexibilité), il est possible que les enfants de notre échantillon aient des ressources cognitives adéquates (comme l'indique leur QIT) pour réduire la capacité prédictive de ces composantes exécutives. Aussi, comme la planification est une habileté de plus haut niveau qui repose sur les composantes de base, elle semble être le prédicteur le plus précis des difficultés au sein de ce groupe d'étude spécifique.

Les résultats montrent également que les comportements mobilisant les FE dans la vie quotidienne prédisent les *TA*. Des résultats différenciés émergent et les difficultés rapportées par les enseignants semblent contribuer davantage que celles perçues par les parents pour expliquer les *TA* en général et les difficultés au LSU en particulier (plus encore en *français*). Les difficultés exécutives mises en évidence par les parents impactent principalement sur le *Calcul mental* évalué avec la BMT-i. L'ensemble de ces résultats suggère que la dynamique de la classe et les résultats scolaires en général sont influencés de manière significative par les comportements impliquant les FE. Il apparaît essentiel de tenir compte du point de vue des enseignants lors des prochaines études, car ils jouent un rôle crucial dans l'identification des difficultés potentielles.

Enfin, les modèles de régression utilisés dans l'étude n'ont pas permis aux épreuves de FE de prédire les difficultés à *Dictée* de la BMT-i. Malgré cela, les corrélations significatives et des taux de congruence élevé ont été observés, indiquant une forte relation entre les difficultés des FE et des difficultés à *Dictée* et ce conformément aux résultats de recherches antérieures (Bucci et al., 2020; Pascoe et al., 2018; Taylor et al., 2006; Twilhaar et al., 2020).

Afin de discuter précisément et spécifiquement de l'impact des FE sur les apprentissages scolaires, il apparaît essentiel de considérer trois éléments de compréhension majeur qui mettent en relief et fondent les apports et l'originalité de notre travail, à savoir l'échantillon particulier d'enfants nés prématurés que nous avons évalué, les apports du protocole expérimental inédit qui a été proposé et le regard intégratif porté sur les enfants nés prématurés.

9.2. LACTACOL, une cohorte d'étude particulière pour des résultats uniques

La création de la cohorte LACTACOL avait pour objectif l'étude de l'impact de l'allaitement maternel sur le devenir neurologique d'enfants prématurés. Les critères d'inclusion étaient une naissance comprise en 28 et 34 SA, l'absence de pathologie congénitale (en particulier neurologique) autre que la prématurité et la décision d'un allaitement maternel exclusif. La revue de littérature a mis en évidence que les enfants nés avec un AG inférieur à 28 SA étaient plus largement étudiés que les AG plus tardifs. Aussi, contrairement à de nombreuses cohortes d'étude (Akshoomoff et al., 2017; Costa et al., 2017; Dai et al., 2020; Farooqi et al., 2016; Heeren et al., 2017; Johnson et al., 2011), notre échantillon diffère en incluant des enfants nés grands prématurés (28-32 SA) et prématurés modérés (> 32 SA). Sur le plan médical, les enfants rencontrés avaient un pronostic favorable

lors de leur hospitalisation et ont fait l'objet d'un suivi pédiatrique régulier par le réseau *Grandir Ensemble* depuis leur naissance. Les nombreuses consultations de suivi avant 2 ans, puis à 3, 5 et 7 ans, correspondaient à des rendez-vous qui ont pu permettre d'alerter les parents sur des signes de vulnérabilité précoce et impulser des démarches de prévention voire de soins. Une part non négligeable des enfants nés prématurés évalués dans ce travail ont déjà eu une aide paramédicale ou psychologique (39,3%). Le fait que les enfants soient indemnes de pathologies neurologiques (HIV, LMPV), pulmonaires (dysplasie bronchopulmonaire) ou neurosensorielles sont autant de facteurs de protection reconnus des difficultés exécutives et d'apprentissage (Hollebrandse et al., 2020; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018; Twilhaar, Wade et al., 2018).

Par ailleurs, tous les enfants inclus ont été exclusivement allaités pendant une durée médiane de 6 mois. La littérature met en évidence de manière consensuelle les bienfaits d'un allaitement maternel exclusif sur le devenir neurologique des enfants (Belfort, 2018; Bonnet et al., 2019; Fewtrell et al., 2007; Nascimento & Issler, 2003; Rozé et al., 2012). Par ailleurs, cette décision d'allaitement exclusif souligne l'investissement des parents, en dépit de la complexité de l'établissement de l'allaitement chez le prématuré, qui serait également à rapprocher de leur niveau de SES (Bonnet et al., 2019; Callen & Pinelli, 2005; Flacking et al., 2007). En effet, les parents des enfants inclus ont un SES et niveau d'éducation supérieur à ceux généralement inclus dans les cohortes de suivi et plus largement en France (Germany et al., 2015; Saurel-Cubizolles et al., 2020). Après contrôle de l'âge et du sexe, les parents des enfants inclus étaient significativement plus nombreux à avoir réalisé des études supérieures à Bac + 2 et significativement moins nombreux à avoir un niveau scolaire inférieur au Bac. Le fait de vivre dans un environnement favorable a été identifié comme un facteur de protection (Linsell et al., 2015), qui influence potentiellement le devenir cognitif des enfants tel qu'il est mesuré avec le QI (Kilbride et al., 2004).

Les enfants de notre échantillon présentent par ailleurs un QI moyen supérieur aux normes et la distribution était centrée autour de la moyenne avec une dispersion inférieure à la norme, témoignant d'un échantillon relativement homogène. La mise à l'écart des outliers potentiels n'a pas modifié les résultats, mais a accentué la concentration des scores autour de la moyenne. Ces résultats étaient inattendus au regard de la littérature sur la prématurité qui met habituellement en évidence des scores de QI plus faibles. En effet, il est largement reconnu que les enfants nés prématurés ont des scores de QI inférieurs à la norme d'environ 10 à 12 points (Bhutta et al., 2002; Kerr-Wilson et al., 2012). Plus précisément, Allotey et al. (2018) rapportaient dans leur méta-analyse des écarts moyens de -0,73 ET (-0,78 ; -0,67) [soit -10,95 points] à partir de 34 études de cohortes d'enfants nés entre 28 et 34 SA. Le fait que les enfants aient un QI plus élevé dans notre échantillon peut être expliqué par les différents facteurs de protection mentionnés tel que l'allaitement exclusif (Isaacs et al., 2010; Lucas et al., 1992), les SES et le niveau d'éducation des parents (Benavente-Fernández et al., 2019; Kilbride et al., 2004).

Au vu des particularités d'inclusion (AG, allaitement exclusif, absence de pathologies congénitales) et des facteurs de protection sociodémographiques (niveau d'éducation des parents, SES) qui peuvent également résulter du phénomène d'attrition de la cohorte originelle, notre échantillon d'étude est donc relativement spécifique. De plus, les enfants nés prématurés de l'échantillon ont des niveaux de raisonnements efficients qui offrent l'opportunité d'évaluer les apprentissages scolaires et les FE avec une certaine acuité. À ce titre, ce groupe d'étude pourrait, à certains égards, être considérée comme un échantillon quasi-expérimental qui isolerait la prématurité comme *unique* facteur explicatif potentiel des difficultés et *Troubles* retrouvées à l'étage des apprentissages scolaires et des FE.

En complément de cet échantillon d'étude particulier, notre travail cherchait à constituer une réponse crédible aux critiques théoriques et méthodologiques au cœur de notre problématique. Un protocole inédit, théoriquement et empiriquement guidés combinant des épreuves basées sur la performance (BMT-i et batterie FÉE) et des indicateurs issus de la vie quotidienne (LSU et BRIEF) renseignés par les parents et les enseignants. Nous allons donc revenir sur les résultats académiques puis exécutifs qui confirment des difficultés et la présence de *TA* et de *Troubles des FE* chez les enfants nés prématurés.

9.3. La confirmation des difficultés et des *TA* dans la prématurité

Notre étude a évalué les trois grands domaines scolaires (lecture, orthographe et calcul) et mis en évidence des difficultés et des *Troubles d'apprentissage*, mesurées à la fois par des tests basés sur la performance (BMT-i) et des indicateurs de réussite scolaire remplis par les enseignants (LSU). Une prévalence de 47,2 % d'enfants nés prématurés a été identifiée avec des *Troubles d'apprentissage*, c'est-à-dire avec des difficultés conjointes aux épreuves de la BMT-i (notes dans les classes *Faible* et *Très faible*) et au LSU (avec des objectifs d'enseignement dans les classes *Partiellement Atteints* et *Non Atteints*). Des *Troubles* dans les trois domaines scolaires (lecture, orthographe et mathématiques) sont présents dans cet échantillon d'enfants nés prématurés plutôt favorisé avec respectivement des prévalences de 32,1%, 35,8% et 17% retrouvées. Ainsi les enfants nés prématurés montraient d'importantes difficultés sur les épreuves issues de la BMT-i avec des fréquences de difficultés allant de 44 à 71% et notamment des résultats dans la classe *Très Faible*. Les enseignants, à travers le LSU, rapportaient également des difficultés pour 54,7% de l'échantillon (soit 29 enfants), en particulier en *français* (45,3%) et en *mathématiques* (30,2%). L'ensemble de ces résultats valide nos hypothèses et confirme la vulnérabilité des enfants nés prématurés face aux difficultés académiques et de *TA* (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018).

Les corrélations significatives entre les mesures basées sur la performance et les indicateurs de réussite scolaire étaient faibles à modérées et les analyses de Kappa de Cohen confirmaient des congruences de jugement légères à modérées entre ces deux types d'évaluation portant sur les mêmes dimensions dans des conditions différentes. Ces résultats nous permettent de valider nos hypothèses et tendent à confirmer que les évaluations scolaires basées sur la performance et les indicateurs de réussite scolaire rempli par les enseignants mesurent des éléments distincts et complémentaires des apprentissages (Guimard et al., 2007).

Plus précisément, les enfants nés prématurés montraient des prévalences de difficultés plus élevées aux épreuves basées sur la performance que celles habituellement retrouvés dans la littérature (Akshoomoff et al., 2017; Grunau et al., 2004; Guarini et al., 2019; Joseph et al., 2016; Scott et al., 2017). Ces résultats pourraient s'expliquer par les seuils de comparaisons considérés. En effet, la BMT-i prévoit une comparaison aux seuils cumulatifs de 7% pour la classe *Très Faible* (soit 1,48 ET) et 13% pour la classe *Faible* (soit 20% – 0,85 ET) qui contraste avec les outils classiquement utilisés dans la littérature (WIAT, WJ, WRAT) qui permettent des comparaisons au seuil de 15% (1 ET) et 2,2% (2 ET). Cette possibilité semblerait confirmée car les résultats aux indicateurs de réussite scolaire réalisés par les enseignants à partir LSU montrent des résultats cohérents avec ceux relevés dans la littérature (Dai et al., 2020; Farooqi et al., 2013, 2016; Johnson et al., 2011; Mulder et al., 2010). Toutefois, malgré les seuils statistiques inhérents aux outils, le fait d'avoir appliqué des critères restrictifs et plutôt conservateurs, en considérant la présence de *TA* à partir de deux indicateurs distincts (dont les corrélations sont faibles à modérées et la congruence est légère à modérée) permet de limiter une éventuelle mésestimation des difficultés qui conduiraient à créer à la fois des « faux positifs » ou des « faux négatifs ».

Les résultats à *Lecture* de la BMT-i mettaient en évidence une proportion plus importante de scores dans la classe *Très Faible* liées au temps de lecture et à la fluence impactant directement la compréhension. Dans le cadre du LSU, les enseignants notaient également plusieurs difficultés en *lecture* et dans les processus conjoints telle que *l'étude de la langue* qui incluent les notions de grammaire et de conjugaison et qui participent à la compréhension d'un texte. Cependant, les résultats ne montraient pas plus d'erreur que la norme dans le décodage mettant en évidence des compétences dans les attendus de leur classe d'âge. Ainsi les difficultés porteraient davantage sur l'automatisation de ce décodage permettant d'accéder à une fluence plus efficiente favorisant la compréhension (Dehaene et al., 2011; Spiegel et al., 2021). Ces résultats sont un peu différents de ce qui est retrouvé dans la littérature, notamment concernant le décodage. Classiquement, des difficultés dans tous les processus de lecture sont mis en évidence dans la prématurité tant sur des cohortes exposées à la langue anglaise (Kovachy et al., 2015; McBryde et al., 2020) que lorsque la langue d'exposition est plus transparente phonologiquement et avec une meilleure régularité orthographique comme l'italien (Bucci et al., 2020; Guarini et al., 2019). Le fait que les patients inclus ne diffèrent pas de la norme concernant le décodage pourrait également s'expliquer par le niveau d'éducation des parents et l'accompagnement que les enfants nés prématurés peuvent avoir. En effet, ces parents mieux éduqués et avec des niveaux socio-économiques plus élevés sont plus à même de proposer du soutien lors de l'apprentissage de la lecture, lors des leçons, facilitant l'appropriation du code alphabétique et des processus de lecture (Billard et al., 2009; Duru-Bellat, 2008; Feyfant, 2011).

Moins évalués dans littérature, les processus orthographiques dans la *Dictée* de la BMT-i montrent des difficultés importantes sur notre cohorte d'étude avec notamment un temps de rédaction plus long et des erreurs plus fréquentes. Ces résultats sont cohérents avec ceux retrouvés dans la littérature (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey

et al., 2018; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018) et mettent en évidence plus de difficultés en orthographe lexicale et dans une moindre mesure en orthographe grammaticale alors qu'il n'est pas retrouvé plus de difficultés en orthographe phonologique. Ces données étendent et précisent les connaissances des déficits rencontrés par les enfants nés prématurés car les études utilisent régulièrement des notes composites dans lesquels les processus orthographiques distincts tels que ceux développés ici ne sont pas rapportés. Les processus cognitifs et en particulier les FE à mobiliser lors de l'orthographe lexicale et grammaticale pourraient expliquer ces différences avec l'orthographe phonologique tel que les recherches dans le développement typique ou dans d'autres contextes cliniques ont pu le montrer. Ainsi les sollicitations et le rôle des FE et notamment les composantes d'inhibition, de MT et de flexibilité, ont été mises en évidence dans les performances orthographiques (Godin et al., 2018; Graham et al., 2016; Lubin et al., 2016; Soto et al., 2021).

Les résultats en *Calcul mental* à la BMT-i et plus largement dans les processus mathématiques montrent des prévalences plus faibles que celles des autres disciplines évaluées. Les résultats mettent en évidence des déficits plus importants que la norme dans la résolution de soustractions et les enfants nés prématurés de CP prennent plus de temps pour effectuer les calculs mentaux. Par ailleurs, les enseignants rapportent 14,6% à 22,4% de résultats *Partiellement Atteints* ou *Non Atteints* en mathématiques au travers du LSU. Ces résultats s'insèrent dans la littérature qui met régulièrement en évidence de larges difficultés en mathématiques dans la population prématurée (Jaekel et al., 2021; Mulder et al., 2010; Taylor et al., 2009; Wolke et al., 2015). Cependant, les mathématiques rassemblent une multitude de domaines (Spiegel et al., 2021) et notre étude a proposé une épreuve unique de calcul mental et n'a pas exploré les autres processus mathématiques susceptibles d'être également impactés aux travers des épreuves basées sur la performance (Clayton et al., 2021; Libertus et al., 2017; Simms et al., 2015; Tatsuoka et al., 2016). Compte tenu des nombreux

troubles associés dans la prématurité, le choix s'est porté sur une épreuve de calcul mental car c'est une tâche qui apparaît moins dépendante d'autres processus cognitifs ou scolaires comme la résolution de problème qui au-delà des sollicitations mathématiques est également tributaire des compétences en langage oral, vocabulaire, lecture et encore compréhension (Lafay et al., 2023). En outre, nos résultats mettent évidence des réussites en additions, multiplications et divisions qui sont conformes aux normes attendues par l'outil. Dans une épreuve semblable, van Houdt et al. (2019) avaient obtenus des résultats similaires sur une population de prématurés dont les parents avaient un haut niveau d'éducation. Selon eux, ces résultats pouvaient s'expliquer notamment par le support parental dans l'apprentissage des tables (d'addition ou de multiplication) qui pouvait organiser des temps d'apprentissages complémentaires et faciliter la maîtrise de ces calculs et leur restitution lors des épreuves.

Enfin, la revue de littérature et la méta-analyse ont mis en évidence qu'une seule étude présentait des protocoles de mesures multidimensionnelles combinant ces deux types de mesures tout en couvrant les trois grandes disciplines scolaires (Jaekel et al., 2013). Notre approche, en intégrant les différents domaines scolaires (lecture, orthographe et mathématiques) et en combinant des tâches basées sur la performance et des indicateurs de réussite scolaire renseignés par les enseignants, complète les connaissances des répercussions de la prématurité sur la réussite académique (McBryde et al., 2020; Taylor et al., 2009; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). Elle élargie et offre une compréhension plus précise du profil des enfants prématurés, en particulier car ces données ont été obtenues dans un échantillon avec des conditions favorables et des facteurs de protection. Les résultats vont d'ailleurs dans le sens des études antérieures qui évoquaient la relative indépendance des difficultés d'apprentissages face aux progrès médicaux (Allen et al., 2011; Cheong et al., 2017; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018).

Sur le même schéma d'évaluation, les mesures exécutives ont été évaluées à la fois par des mesures de performances et des indicateurs de vie quotidienne. Nous allons maintenant revenir sur les particularités de ces évaluations et sur les résultats des FE obtenus par les enfants nés prématurés.

9.4. Un dysfonctionnement exécutif fréquent et important chez les enfants prématurés

Un certain nombre de carences théoriques et méthodologiques ont été mis en évidence dans les évaluations exécutives dans la prématurité. Notre travail a proposé une évaluation exhaustive des FE à partir du modèle intégratif de Diamond (2013). Multidimensionnel, notre protocole prenait en considération les différentes composantes de haut niveau (inhibition, MT, flexibilité) et une de plus haut niveau (planification) au travers deux types d'évaluations : des tests basés sur la performance et des indicateurs de vie quotidienne. Nous avons pu développer précédemment les contraintes à prendre en compte lors de l'évaluation des FE et l'utilisation de la batterie FÉE a permis de répondre à plusieurs de ces critiques. Ainsi, dans le cadre de l'évaluation basée sur la performance, il a été proposé deux épreuves par composante exécutive, prévoyant un contrôle des erreurs de mesure pour tenir compte de l'inévitable mobilisation des processus de plus *bas niveau* et en panachant autant que possible les modalités de réponse verbale et non verbale. D'autre part, les FE ont été évaluées au travers des indicateurs de vie quotidienne à partir de l'inventaire comportemental BRIEF aux parents mais aussi aux enseignants. Il est apparu essentiel de pouvoir approcher les FE dans les situations de la vie de tous les jours lorsque l'enfant doit engager en autonomie ses habilités de contrôle et de régulation de haut niveau, sur un temps long et avec de nombreux distracteurs. Le fait de solliciter plusieurs répondants permettait à la fois d'offrir une vision plus large des retentissements dans différents lieux de vie et de ne

pas être dépendant des seules perceptions parentales qui peuvent être influencées par le contexte clinique de la prématurité (Heinonen et al., 2013; Nguyen et al., 2023; O’Meagher et al., 2020). C’est à notre connaissance la première fois qu’un protocole de mesure des FE de cette envergure était proposé à des enfants nés prématurés.

Notre travail a mis à jour une prévalence importante (30,4%) de difficultés conjointes dans les deux types d'évaluation considérées comme des *Troubles des FE*. Ces *Troubles* ont été retrouvés dans l'ensemble des composantes exécutives (inhibition, MT, flexibilité et planification) avec des prévalences de 7,1% à 19,6%. Comme attendu dans notre hypothèse, les corrélations entre les mesures basées sur la performance et de vie quotidienne étaient faibles à modérées mettant en évidence peu de relations significatives entre les deux modes d'évaluation. Par ailleurs les analyses de Kappa de Cohen confirmaient des congruences de jugement médiocre à passable sur ces construits évaluant les mêmes dimensions. Les résultats nous permettent de valider notre hypothèse et confirment que les évaluations basées sur la performance et les questionnaires de vie quotidienne sur les FE mesurent des réalités à la fois distinctes et complémentaires des FE (Anderson, 2002; Gerst et al., 2017; Loe et al., 2015; Toplak et al., 2013).

S’agissant des épreuves basées sur la performance, nous trouvons conformément à notre hypothèse initiale une différence significative aux scores d’indices de vulnérabilité à la batterie FÉE entre les enfants nés prématurés et l’échantillon normatif pour toutes les composantes exécutives. Notre protocole a révélé d’importantes difficultés des FE dans l’échantillon avec 2 à 5 fois plus de difficultés que la norme et 80,4% des enfants présentaient des difficultés dans au moins une composante exécutive. Les difficultés affectaient l’ensemble des composantes exécutives et plus particulièrement la planification et la flexibilité, avec respectivement 21,8% et 19,6% de difficultés sévères, c’est-à-dire supérieure au rang percentile 99. Ces résultats nous permettent de valider notre hypothèse et

mettent en évidence les vulnérabilités exécutives des enfants nés prématurés (Aarnoudse-Moens et al., 2009; Mulder et al., 2009; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019) tout en offrant une compréhension plus fine du phénotype de l'enfant né prématuré. Ainsi, plus précisément les épreuves de planification ont montré des résultats similaires avec des tailles d'effet importantes, soulignant les difficultés des enfants nés prématurés à anticiper et à exécuter une séquence d'actions et son contrôle pour atteindre un objectif. En ce qui concerne la flexibilité, les enfants prématurés ont plus de difficultés dans la tâche non verbale de déduction de règles et de prédiction d'emplacement (*Test de la Grenouille*) que dans la tâche verbale exigeant un focus attentionnel pour la flexibilité cognitive (*TMT*). Lors du *TMT*, les observations cliniques ont montré que les enfants se référaient souvent au jeu des « points à relier » (cherchant d'ailleurs à percevoir une forme dessinée par les points reliés), alors que dans le *Test de la Grenouille*, les règles n'étaient pas surappries et changeaient de manière imprévisible obligeant les enfants à s'adapter en direct au cours de la tâche. Dans les deux tâches, au-delà des taux d'erreurs, c'est davantage le temps nécessaire pour la prise de décision qui ressort, avec une lenteur importante objectivée pour agir et s'adapter aux changements ce qui se retrouve également dans d'autres études (Aarnoudse-Moens et al., 2012).

Contrairement aux composantes précédentes, l'inhibition et la MT ont montré des résultats différenciés selon les épreuves et le type de tâche et d'indicateurs de performance semble avoir joué un rôle dans les résultats. Concernant l'inhibition, le test de *Stroop* qui sollicite le contrôle de l'interférence a mis en évidence des différences significatives par rapport à la norme ($d = -0,53$), qui n'ont pas été retrouvées à l'épreuve de *Tapping* ($d = -0,01$) qui mobilise plutôt une inhibition de réponse. Ainsi, les enfants nés prématurés ont été moins performants dans le contrôle de l'interférence que dans l'inhibition de réponse. Des résultats similaires ont été retrouvés dans des recherches précédentes (Brumbaugh et al.,

2014; Hodel et al., 2016; Luu et al., 2011; Ritter et al., 2013) même si les résultats apparaissent plus contrastés à l'âge scolaire (Réveillon et al., 2018) et que plusieurs études rapportent des résultats contraires (Cserjesi et al., 2012; Leclercq et al., 2006; Mulder et al., 2011). Ces résultats différenciés permettent d'insister sur la nécessité de proposer des évaluations sollicitant les différents processus impliqués dans l'inhibition afin de pouvoir faire émerger les vulnérabilités des enfants nés prématurés d'autant qu'il semble important de pouvoir poursuivre ces investigations pour déterminer plus précisément si ces différences de résultats dépendent des demandes exécutives liées à la tâche ou seraient liées d'un calendrier développemental spécifique comme le suggère certaines études (Réveillon et al., 2018; Ritter et al., 2013).

D'autre part, en ce qui concerne les épreuves de MT, les enfants nés prématurés montrent des différences significatives avec l'échantillon normatif à *Double Tâche* ($d = -0.65$), alors que la différence est négligeable lors de la *Mise à jour visuospatiale* ($d = -0.05$). Ces tâches révèlent que l'impact de la charge cognitive sur la MT semble être préservé, alors que la condition de double tâche, sollicitant des capacités d'attention divisée, serait beaucoup plus complexe à gérer pour les enfants nés prématurés comme cela a déjà été rapporté (Anderson et al., 2004, 2011; Burnett et al., 2018). Ces résultats fournissent de nouvelles informations sur les capacités de MT des enfants nés prématurés, dépassant les données obtenues à partir des tests d'empan de chiffres auditivo-verbaux issues des batteries d'intelligence couramment utilisées (Aarnoudse-Moens et al., 2013; Akshoomoff et al., 2017; Baron et al., 2009; Clark & Woodward, 2015; Farooqi et al., 2016; Logan et al., 2017; Mulder et al., 2010). Les résultats soulignent la nécessité de prendre en compte les exigences spécifiques à la tâche et les capacités de la MT. Les résultats contrastés de ces deux composantes exécutives renforcent l'intérêt clinique de proposer plusieurs épreuves et des

mesures variées pour évaluer une même composante et ainsi procéder à une « micro-analyse » des performances des enfants (Anderson, 1998).

Concernant les indicateurs de vie quotidienne et en accord avec notre hypothèse initiale, les parents rapportent plus de plaintes exécutives que la norme (23,2%) et mettent en évidence des difficultés dans les comportements sollicitant les FE à la maison. Si les enseignants rapportent une prévalence de difficultés qui ne s'écarte pas de la norme au CEG (16,4% ; n = 9), ils mettent toutefois en évidence, pour 8 d'entre eux, une prévalence de déficits et déficits sévères (c'est-à-dire supérieur ou égal au rang percentile 95) plus significativement plus importante que la norme. Ces résultats nous permettent de valider notre hypothèse et des difficultés exécutives dans la vie quotidienne sont présentes chez ces enfants nés prématurés quel que soit le répondant et le lieu de vie considéré.

Par ailleurs, nous nous attendions à ce que les évaluations entre les parents et les enseignants montrent des corrélations faibles à modérées et des congruences faibles à modérées entre les répondants. Contrairement à ces hypothèses, les questionnaires avaient des corrélations significatives modérées à fortes et des Kappa de Cohen modérés à substantiels indiquant de nombreux accords entre les répondants. Ces données s'écartent de ce qui était mis en évidence dans les normes de l'outil où les corrélations sont faibles à fortes entre les deux versions (de .16 à .50) (Roy et al., 2013) et plus faibles que celles rapportées dans notre échantillon. Ces données ne nous permettent pas de valider nos hypothèses et mettent en évidence les limites de ces outils qui restent sensibles à la subjectivité et soumis aux biais de jugement des répondants (Roy, 2021). Dans le cas présent, parents comme enseignants connaissaient le contexte de recueil des informations (contexte de la prématurité, participation à une étude) des enfants et cela a pu influencer les réponses. Aussi, les prévalences de difficultés rapportées sont soit plus élevées que celles retrouvées dans la littérature quel que soit le répondant (Anderson et al., 2004; Burnett et al., 2018; Dai et al.,

2020). Ces résultats pourraient être expliqués par une meilleure connaissance des conséquences et des difficultés liées à une naissance prématurée par les parents et à leur recherche proactive d'aide si un besoin est identifié (Larsen et al., 2023). Certains de nos résultats semblent cohérents avec cette hypothèse et plusieurs facteurs sociodémographiques montrent des plaintes à la BRIEF plus nombreuses (parents comme enseignants) pour les enfants identifiés avec un retard de développement par les parents ou un professionnel, lorsqu'un besoin d'aide scolaire spécialisée ou de soins paramédicaux sont en place et lorsque les parents avaient une demande de bilan neuropsychologique en amont de l'étude.

Malgré les accords entre les répondants, quelques différences notables ont été observées entre les résultats à la BRIEF parent et enseignant de manière cohérente avec les recherches précédentes (McCann et al., 2014). Alors que les réponses des parents montrent peu de différences significatives entre les moyennes d'indices et d'échelles cliniques, les évaluations des enseignants présentent des différences moyennes significatives par rapport aux normes sur la plupart des indices et échelles cliniques. Les enseignants mettent également en évidence des difficultés sévères plus fréquentes que les parents sur l'ensemble des indices et des échelles cliniques. Ainsi, des plaintes plus importantes que la norme ont été retrouvées à l'IM pour 20% des enfants nés prématurés (y compris des plaintes significatives sur les échelles cliniques *Initiation*, *MT* et *Contrôle*). À l'école, ces dimensions de l'évaluation se réfèrent spécifiquement à la posture de l'élève et à son activité scolaire. Cet indice est interprété comme reflétant la capacité de l'enfant à gérer les activités de manière autonome et à contrôler ses performances. Sur le plan clinique, les enseignants ont décrit des enfants prématurés qui avaient du mal à initier des tâches, qui manquaient de contrôle voire étaient impulsifs. Des plaintes ont également été formulées concernant des difficultés à retenir les consignes ou à rester concentré sur une activité. Toutefois, la disparité entre les difficultés identifiées à la batterie FÉE et la BRIEF soulève des questions sur la

fiabilité et la sensibilité des questionnaires lorsque les résultats sont incongruents. En effet, pour 28 enfants nés prématurés des difficultés mises en évidence à la batterie FÉE en sont pas observées à la BRIEF (soit 96,6 % des incongruences identifiées) tandis qu'un seul enfant présentait des plaintes au CEG de la BRIEF sans que ces dernières ne soient retrouvées à la batterie FÉE (LAC₁₂). En effet, il est possible que les difficultés repérées lors des épreuves de performance très contrôlées sollicitent des processus qui ne sont pas encore véritablement mobilisés en autonomie dans la vie quotidienne. En effet, les enfants ont été évalué entre 7 et 9 ans, à un âge où les demandes d'autonomie sont encore relativement faibles et les activités de tous les jours encadrées par les adultes.

D'une manière générale, à partir de cet échantillon d'enfants nés prématurés relativement protégés et quasi-expérimental, d'une évaluation multidimensionnelle exhaustive et théoriquement guidée et des critères de jugements restrictifs, nos résultats complètent et élargissent la compréhension des répercussions de la prématurité sur le fonctionnement exécutif (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Mulder et al., 2009; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019). En offrant notamment une compréhension plus fine du phénotype de l'enfant né prématuré, nos résultats semblent préciser l'hypothèse d'un déficit central des FE dans la prématurité.

Enfin, la prise en compte des facteurs périnataux et sociodémographiques est déterminante à la fois l'analyse de groupe, car elle permet de déterminer des tendances globales et dans l'analyse clinique des enfants nés prématurés car en offrant une grille de lecture intra-individuelle pertinente pour envisager une clinique au plus près des besoins.

9.5. L'impact des facteurs périnataux et sociodémographiques.

Des résultats contrastés !

Dans le cadre de ce travail, nous avons considéré des facteurs périnataux (sexe, AG, PN et présence de RCIU) et des facteurs sociodémographiques (niveau d'étude des parents [mère, père et les deux], la présence d'antécédents de TND et de retard identifiés par les parents ou un professionnel, les besoins d'enseignement spécialisé et de prise en soin paramédical ou psychologique ainsi que les demandes de bilan neuropsychologique). Nous avons formulé plusieurs hypothèses selon le fait que ces variables soient envisagées comme un facteur de risque, de protection ou n'aient pas d'impact sur la présence de *TA* et/ou de *Troubles des FE*.

Nos hypothèses prévoyaient qu'un l'AG et/ou PN plus faible, la présence de RCIU, les besoins d'enseignement spécialisé, les besoins de prise en soin paramédical ou psychologique impacteraient la survenue de *TA* et de *Troubles des FE*. Les résultats montrent que l'AG, le PN et la présence de RCIU ne permettent pas de prédire la présence de *TA* et de *Troubles des FE* ce qui infirme nos hypothèses. En revanche les résultats mettent en évidence que les enfants qui ont des besoins d'enseignement spécialisé et des besoins de prise en soin paramédicale ou psychologique ont significativement plus de *TA* et de *Troubles des FE* et valident nos hypothèses. Avec un regard plus exploratoire, nous nous attendions à ce que les enfants avec des antécédents familiaux de TND, ceux dont les parents ou un professionnel a identifié un retard dans le développement et ceux dont les parents avaient une demande de bilan neuropsychologique aient plus de *TA* et de *Troubles des FE* que les autres enfants nés prématurés de l'échantillon. Les résultats ne permettent pas de valider ces hypothèses car aucune de ces variables ne permet de prédire la présence ou le surrisque de *TA* et de *Troubles des FE*.

Concernant ces variables que nous avons, au regard de la littérature, identifiées comme des facteurs de risques seul la présence de SEN (enseignement spécialisé et prise en soin paramédical ou psychologique) impacte la présence de *TA* et de *Troubles des FE*. Ces résultats sont cohérents avec la littérature et confirment une nouvelle fois la vulnérabilité des enfants nés prématurés et leur besoins de soutien à long terme (Hornby & Woodward, 2009; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). L'impact de l'AG ou du PN sur le développement cognitif est reconnu dans la littérature (Aarnoudse-Moens, Weisglas-Kuperus et al., 2009; Allotey et al., 2018; Bhutta et al., 2002; Brydges et al., 2018; Kovachy et al., 2015; Mulder et al., 2009; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018). L'impact de la présence de RCIU est également admis et une majoration des difficultés par rapport à des enfants nés prématurés sans RCIU est régulièrement rappelée dans ce contexte (Benítez-Marín et al., 2021; Korzeniewski et al., 2017). De plus, la prise en compte des antécédents, de l'identification précoce de retard et des demandes de bilan des parents faisaient sens cliniquement (HAS, 2020) sans que nous ayons connaissance d'études incorporaient ces variables pour analyser leur impact sur les difficultés d'apprentissage ou exécutives. Ces résultats contradictoires avec la littérature ou nos intuitions cliniques peuvent potentiellement s'expliquer par notre échantillon d'étude particulier et ses facteurs de protection. Ainsi, le fait que tous les enfants nés prématurés évalués soient indemnes de pathologies neurologiques importantes, qu'ils aient profité d'un allaitement maternel exclusif de longue durée, les SES élevés des parents et leurs bonnes capacités de raisonnement ont potentiellement pu compenser les facteurs de risques représenté par un faible AG/PN ou la présence de RCIU. De plus, le suivi longitudinal proposé par le réseau *Grandir Ensemble*, l'identification précoce des difficultés ont pu inciter les parents à observer plus attentivement leur enfant et déclencher des aides spécialisées (scolaires comme paramédicales) dès les premiers signes de vulnérabilité offrant alors des conditions de progrès plus optimales (Hornby & Woodward, 2009) en accord avec

les questionnements récents sur l'impact des suivis périnataux sur les niveaux de demande d'accompagnement (Burnett et al., 2018; Larsen et al., 2023). Ces résultats renvoient enfin aux spécificités de notre cohorte d'étude (SES des parents élevés, bon QI) et font écho aux conclusions de la littérature qui met en évidence régulièrement que le poids des variables périnatales s'estompent à mesure que l'enfant grandit laissant alors plus d'importance aux variables environnementales sur le devenir des enfants nés prématurés (Hornby & Woodward, 2009; Latal, 2009; Linsell et al., 2015; Wong & Edwards, 2013).

D'autres part et conformément à nos hypothèses, le sexe n'avait pas d'impact sur la présence de *TA* et de *Troubles des FE* dans notre échantillon. Ces résultats sont cohérents avec plusieurs méta-analyses qui mettent en évidence cet absence d'effet sur les difficultés scolaires comme exécutives (Christians et al., 2023; Twilhaar, de Kieviet et al., 2018; van Houdt, Oosterlaan et al., 2019).

Enfin, nous avons fait l'hypothèse que le fait pour la mère, le père et les deux parents d'avoir des niveaux d'éducation supérieurs à Bac+2 apparaissent comme un facteur de protection de survenu des *Troubles* avec significativement moins de *Troubles des FE* et de *TA* repérés. Notre hypothèse est partiellement validée puisque les résultats mettent en évidence ce facteur de protection pour les *TA* mais pas complètement pour les *Troubles des FE*. En effet, seuls le niveau d'étude du père et celui des deux parents influencent significativement la présence de *Troubles des FE*, mais pas celui de la mère. Ces données sont cohérentes avec celles retrouvées dans la littérature et viennent d'une part, confirmer le caractère particulier de l'échantillon d'étude (Beaino et al., 2011; Benavente-Fernández et al., 2019; Mathiasen et al., 2009; Nusinovici et al., 2017; Vanes et al., 2021; van Houdt, van Wassenaeer-Leemhuis et al., 2019; Wong & Edwards, 2013) et d'autre part, rappeler le rôle particulier de l'environnement familial dans l'accompagnement scolaire (Duru-Bellat,

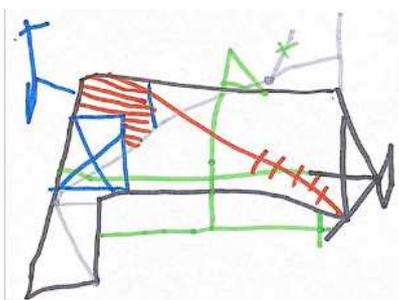
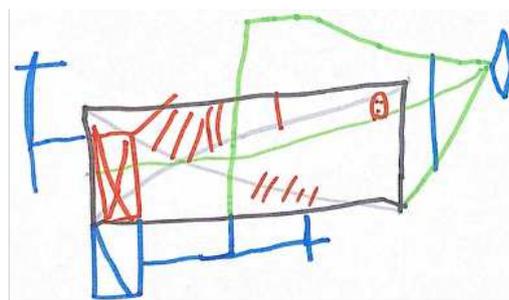
2008; Feyfant, 2011; Hattie, 2010; Kriegbaum et al., 2018; Murat, 2009; Nieuwenhuis & Hooimeijer, 2016; Sirin, 2005).

La prise en compte la plus large et intégrative possible des situations permet de nuancer les risques potentiels, de mettre en avant les possibilités et peut contredire l'idée parfois véhiculée par les études de groupe, de trajectoires développementales prédéterminées par les facteurs périnataux ou sociodémographiques.

9.6. Des profils individuels qui amènent à la nuance

Les études de profils mettent en évidence la nécessaire nuance face aux difficultés retrouvées dans les études de groupes. Si de nombreuses difficultés et *Troubles* ont pu être mis en évidence dans les domaines scolaire et exécutif, il convient de constater que de nombreux enfants ont été identifiés avec des points d'appui. Les difficultés ont été principalement repérées lors des épreuves basées sur la performance et ne se retrouvaient pas au travers des indicateurs issus de la vie quotidienne rempli par les parents et les enseignants. Aussi les échanges cliniques avec les familles soulevaient peu d'inquiétude et laisse envisager des retentissements plutôt faibles à modérés au quotidien. Seuls quelques enfants présentaient des retentissements sévères dans la vie quotidienne (LAC₃₂ par exemple). Ces résultats contrastent également avec la vision d'ensemble de la littérature et invitent à ne pas considérer de manière binaire la prématurité ou comme une source systématique de troubles, notamment en se focalisant uniquement sur les données périnatales. Plusieurs contre-exemples ont pu être identifié dans notre échantillon comme la patiente LAC₅₂ (9 ans – CE2) qui est née à 27⁺⁶ SA avec un PN de 805g. Elle a été exclusivement allaité durant 7 mois et ses parents ont des niveaux d'études élevés (BAC+8 pour la mère et Bac+4 pour le père) et se décrivent comme « à l'aise » financièrement. D'après les données périnatales, c'est une des enfants nés prématurés les plus vulnérables

de l'échantillon. Pourtant, elle montre des processus de raisonnement efficaces (QIT : 117) et seule une difficulté sévère sur le temps au test de *La Grenouille* de la Batterie FÉE sera évoqué lors de l'évaluation. Les résultats scolaires sont dans les zones *Moyennes* à *Très forte* selon les indicateurs et disciplines à la BMT-i et l'ensemble du LSU note des compétences *Atteintes* avec une appréciation précisant que c'est une élève « *très agréable, sérieuse et studieuse* ». LAC₅₂ ne nécessite pas de suivi spécialisé (pédagogique ou paramédicale). A contrario, LAC₃₆ est un garçon âgé de 8 ans et 4 mois (CE2) fait partie des patients dont l'AG est le plus avancé avec un des PN les plus élevés de l'échantillon (33⁺⁵ SA, PN : 2050g). Il a été exclusivement allaité durant un mois. Ses parents ont un niveau d'étude au Bac (Bac pour la mère et Bac Professionnel pour le père) et estime leur revenu « *juste, il faut faire attention* ». S'il montre également une évaluation favorable à la WISC-V (QIT : 124), il présente en revanche un *Trouble de FE* avec des déficits sévères dans deux composantes exécutives (flexibilité et planification) et des plaintes sévères sont portées par les parents (CEG, IRC et IM) et moins par l'enseignante (IM uniquement). Ses difficultés se matérialisaient principalement sur les variables de temps lors des épreuves de flexibilité et lors de la réalisation de la *Figure de Rey avec programme* (Figure 14). LAC₃₆ a notamment profité de manière importante de l'apport du programme (Indice de planification = percentile > 99) entre les deux copies.

a) LAC₃₆ Copie spontanéeb) LAC₃₆ Copie avec programmeFigure 14: Copie spontanée et copie avec programme de la Figure de Rey - patient LAC₃₆

Sur le versant scolaire, la lecture est très lente et comporte peu d'erreurs. Les compétences de compréhension sont correctes à cette épreuve. La dictée en revanche est une source importante de difficultés avec de très nombreuses erreurs lexicales et grammaticales malgré un temps de réalisation très long. L'orthographe phonétique reste toutefois adaptée. Les résultats en calcul mental sont dans la classe *Faible* en additions et soustractions et dans la classe *Moyenne Faible* en multiplications. Les difficultés observées au LSU se montrent congruentes avec celles relevées à la BMT-i tout comme les appréciations de son enseignante qui corroborent la majorité de nos observations cliniques : « *le niveau en français est très fragile. Ses difficultés persistent en orthographe avec de nombreuses erreurs dans les dictées. Sa production d'écrits est très compliquée : il a du mal à segmenter les mots et écrire des phrases. De plus, son niveau en lecture reste assez faible : il est très lent et ne comprend pas bien ce qu'il lit* ». Du fait des difficultés recensées, des accompagnements pédagogiques (1fois/semaine) et orthophonique (1fois/semaine depuis 10 mois) sont en cours au moment de l'évaluation.

Au travers ces résultats et de ces quelques renseignements complémentaires, il apparaît que la prise en compte intégrative des facteurs périnataux et sociodémographiques, bien connue des cliniciens, est informative pour approcher plus précisément les situations. Dans le cas de LAC₅₂, les facteurs sociodémographiques pourraient apparaître comme des facteurs de protection alors qu'ils pourraient être des facteurs de vulnérabilité complémentaires dans le cas de LAC₃₆. L'intérêt de la prise en compte des facteurs de risques dans la clinique, même lorsque le contexte médical est identifié comme dans le cadre de la prématurité, est de pouvoir moduler l'expression des troubles et de permettre de positionner les accompagnements au plus près du patient (Seegmuller & Roy, 2018). Ces rapides descriptions de profils mettent en évidence la nécessité d'une évaluation clinique et scientifique la plus exhaustive possible pour ces deux domaines, qui doivent par ailleurs être

structurées et nuancées. Des profils différenciés avec des difficultés dans un domaine dont le retentissement est limité ou absent sur l'autre existent (voir Tableau 42). Ces quelques exemples rappellent que la problématique des enfants nés prématurés est plurielle, les troubles régulièrement associés et nécessite des regards croisés encourageant le développement de pratiques pluridisciplinaires.

9.7. Vers des questionnements de santé publique

Ces résultats et profils amènent ainsi à interroger plus largement le repérage des TA dans le cadre des suivis. Quels sont les facteurs qui les expliquent et plus particulièrement quelle est la place tenue par les FE et le QI. En effet, nous pouvons questionner la pertinence du QIT comme indicateur de vigilance car nos résultats montrent que ce sont des enfants intelligents qui ont des difficultés et des *Troubles des FE* impactant les apprentissages scolaires. Le QIT, qui tend à représenter le *gold standard* de la mesure en psychologie à la fois dans les suivis de cohortes et dans la pratique clinique quotidienne, se révèle plutôt inopérant ici pour caractériser les difficultés rencontrées au niveau intra-individuel (à l'image de l'exemple de LAC₃₆). Dans la clinique habituelle, les signes d'appels sont rapportés soit par le réseau de suivi périnatal, soit par l'apparition de questionnements sur les fragilités scolaires repérées par l'enseignant. Dans le cas d'une sollicitation du réseau d'aide spécialisé pour les élèves en difficultés (RASED), le versant psychométrique de l'évaluation par un psychologue de l'Éducation Nationale consistera principalement en la mesure de l'intelligence à partir d'une échelle de Weschler (WISC-IV ou WISC-V) dont on perçoit ici la limite. Seuls deux enfants ont des difficultés scolaires qui pourraient être interprétées par des fragilités de raisonnement plus globales à partir des profils mis en évidence à la WISC (LAC₄₂ et LAC₄₃). Dès lors, cela interroge sur la possibilité d'accompagnement des difficultés tant à l'école que dans la vie quotidienne. Malgré de nombreuses initiatives pour sensibiliser former, vulgariser ou accompagner la place des FE

à l'école (Gagné et al., 2023; Lachaux, 2020; Rossi et al., 2017), les connaissances dans ce domaine peuvent rester limitées tant chez les enseignants, les psychologues de l'Éducation Nationale ou les membres des instances de décision comme la commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées (CDAPH), alors même que leur impact sur l'ensemble de la vie quotidienne est globalement admis (Diamond, 2013). Une large étude de plus de 1000 enfants suivis de la naissance à 32 ans suggèrent que les FE pourraient être un prédicteur plus fiable des difficultés futures que le QI (Moffitt et al., 2011). En tenant compte du QI, du sexe, de la classe sociale, de la vie familiale et de la situation de la famille pendant l'enfance, les enfants qui entre 3 et 11 ans avaient un meilleur contrôle inhibiteur étaient plus susceptibles à l'adolescence de poursuivre leurs études et étaient moins susceptibles de faire des choix risqués (fumer, consommation de toxiques). Ils avaient une meilleure santé physique et mentale (moins susceptibles d'être en surpoids, d'avoir des problèmes d'hypertension artérielle, de toxicomanie), gagnaient plus d'argent étaient plus respectueux des lois à l'âge adulte que ceux qui avaient un déficit de contrôle inhibiteur pendant l'enfance. Aussi, ces éléments plaident-ils en faveur de la mise en place, au sein des réseaux de suivis d'enfants vulnérables, d'évaluations systématiques et structurées afin de détecter et prévenir les difficultés des FE en complément de celles déjà existantes. En effet, la présence de ces déficits identifiés questionne sur leurs potentiels retentissements futurs pour ces enfants nés prématurés. Les difficultés exécutives sont susceptibles de s'aggraver à mesure que les exigences d'autonomie et d'indépendance augmentent avec l'âge ce qui est cohérent avec les notions d'apparition différée de symptômes (Roy, Roulin et al., 2020). De plus, ces résultats peuvent également encourager à poursuivre les suivis par les réseaux de périnatalité à plus long terme. Si le suivi par le réseau *Grandir Ensemble* est prévu de 0 à 7 ans, coïncidant avec l'entrée dans le cycle des apprentissages fondamentaux à l'école (cycle 2), nos évaluations montrent que les besoins d'accompagnement des enfants et plus

largement des familles, perdurent au fil de la scolarité, en particulier pour ces enfants nés prématurés indemnes de séquelles neurologiques. Ces différents points nous conduisent à considérer plusieurs limites à ce travail.

9.8. Limites et ouvertures

Notre travail et ces résultats restent exploratoires et sont à prendre avec précautions car plusieurs limites et améliorations sont à envisager.

En premier lieu, le nombre limité d'enfants nés prématurés inclus dans nos analyses empêche à la fois toute généralisation et limite la portée des conclusions. Les régressions logistiques sont particulièrement sensibles à la taille de l'échantillon et au ratio EPV. Les recherches ont montré, d'une part qu'un échantillon de plusieurs centaines de sujets était parfois considéré comme un minimum pour entreprendre des régressions logistiques (Bujang et al., 2018) et d'autre part qu'un nombre de 10 EPV était régulièrement estimé comme un minimum critique pour assurer la fiabilité des tests d'estimation et de significativité (Concato et al., 1995; Peduzzi et al., 1996). Les analyses sur des échantillons ou avec des ratios EPV plus faibles restent possibles mais demandent des précautions (van Smeden et al., 2016). Il s'agit alors de réduire le nombre de variables inclus dans les modèles de régressions multivariées et d'appliquer une correction des estimations telle que nous avons pu le faire avec la correction de Firth (Firth, 1993; van Smeden et al., 2016). Toutefois, les risques de biais statistiques restent élevés. Ainsi, les interprétations et conclusions doivent-elles être prudentes et modérées (Norton et al., 2018).

Ensuite, il apparaît une limite méthodologique dans le protocole de mesure scolaire. Celui-ci mériterait d'être étoffé pour embrasser plus largement les différentes connaissances engagées dans les apprentissages scolaires et leurs interfaces avec les FE. Ainsi, en lecture une exploration plus précise des deux voies de lecture par la présentation systématique de logatomes et de mots irréguliers permettrait de gagner en précision pour étudier l'impact des

FE sur la mise en place des processus de décodage (Cartwright et al., 2019). L'évaluation plus fine des inférences littérales et de celles basées sur les connaissances seraient des apports complémentaires dans l'évaluation de la compréhension en lecture (Butterfuss & Kendeou, 2018). Concernant l'orthographe, proposer des épreuves avec un temps contraint, ou à partir de phrases dont la structure (par ex. pronom sujet singulier + pronom pluriel + verbe) est plus propice à solliciter les FE offrirait de nouvelles opportunités pour investiguer l'impact des FE lors de la rédaction (Hooper et al., 2002; Lanoë et al., 2016; Lubin et al., 2016). En mathématiques, multiplier les épreuves pour explorer d'autres dimensions (numération, connaissances des grands nombres, grandeurs et mesures, géométrie) conduirait également à avoir une image plus nette et précise des interfaces avec les FE (Blair & Razza, 2007; Lubin et al., 2012 ; Verdine et al., 2014).

Par ailleurs, le fait de pouvoir intégrer un programme de recherche avec une cohorte déjà constituée et le support des équipes du CHU facilitait la logistique et la mise en place de la thèse, mais contraignait à la fois les AG considérés et l'âge d'évaluation. Notre analyse de la littérature a mis en évidence qu'il serait pertinent de pouvoir évaluer des enfants prématurés nés plus tardivement et notamment entre 34 et 36⁺⁶ SA. Ainsi, la majorité des recherches portaient sur les enfants nés avant 32 SA et l'impact de la prématurité sur le développement précis des apprentissages et des FE reste largement méconnue dans la prématurité modérée à tardive. De plus, les enfants rencontrés pour cette étude étaient âgés de 7 à 9 ans, or il est possible que cette tranche d'âge ne soit pas « la fenêtre d'évaluation » optimale tant pour les FE que pour les apprentissages scolaires. À cet âge les demandes exécutives, notamment liées à la prise d'autonomie sont encore faibles et les potentiels retentissements dans la vie quotidienne des difficultés observées à la batterie FÉE pourraient être, pour l'heure, sous-estimés. Concernant les apprentissages scolaires, 50 enfants (89,3%) ont été évalués sur des savoirs de cycle 2, or il serait pertinent d'évaluer les enfants aussi

lors de leur scolarité dans le cycle 3 (cycle de consolidation) et plus encore lors du cycle 4 (cycle des approfondissements). En effet, à ces âges (10-14 ans), on peut s'attendre à ce qu'un certain nombre de processus de plus bas niveau (tels que le décodage en lecture ou les techniques opératoires en mathématiques) soient automatisés permettant alors d'accéder à l'évaluation des processus scolaires de plus haut niveau à même de solliciter encore davantage les FE. Parmi les activités de lecture, il s'agira des processus de compréhension des chaînes anaphoriques, de la mise à jour des informations au cours de la lecture ou mise en commun de plusieurs sources (Butterfuss & Kendeou, 2018; Follmer, 2018, Tarchi et al., 2021), de tâches nécessitant d'inhiber les heuristiques sur-apprises, d'organiser et de changer de stratégie de résolution de problème en mathématiques (Borst, 2021; Hofstadter & Sander, 2013; Rossi et al., 2019; Scheibling-Sève et al., 2022). Ces sollicitations sembleraient d'autant plus susceptibles de mettre en évidence les relations et l'impact des difficultés exécutives sur les apprentissages scolaires.

En outre, nos résultats peuvent interroger sur les particularités cérébrales induites par la prématurité chez ces enfants indemnes de séquelles neurologiques majeures. Les recherches rapportent régulièrement une réduction du volume cérébral global, des volumes corticaux (substance grise et substance blanche) et de la myélinisation tant chez les enfants que chez les adolescents (Arhan et al., 2017; de Kieviet et al., 2012; Inder et al., 2005) qui est mise en relation avec des résultats de QI et FE plus faibles (Thompson et al., 2016; Vollmer et al., 2017). Dans ce cas précis, et du fait des particularités de notre échantillon, pouvoir évaluer ces enfants à travers l'imagerie cérébrale permettrait peut-être d'apporter des éléments de compréhension sur l'impact de la prématurité sur le développement des FE.

Enfin ces résultats soulèvent un certain nombre de questionnements pour les futurs apprentissages au-delà des seules connaissances scolaires. L'orientation scolaire reste aujourd'hui largement basée sur la performance académique et si les notes sont moins

bonnes alors les choix d'orientation et les opportunités de sélection dans des filières plus sélectives peuvent devenir complexes. Orienter les adolescents présentant des difficultés scolaires consécutives à un TND et plus particulièrement un *Trouble des FE* vers la voie professionnelle n'est pas une décision anodine. Les métiers artisanaux, dits « manuels » dans le langage courant, ne sont pas exempts de sollicitations exécutives ce qui peut être une source importante de nouvelles difficultés, notamment au cours de leur apprentissage. Enfin, ces difficultés interrogent également l'accès futur à la conduite automobile, tant d'un point de vue de l'apprentissage que des capacités d'ajustements en temps réel et des prises de risque ultérieures dont il a été mis en évidence qu'elles étaient liées au fonctionnement exécutif (Hayashi et al., 2018; Pope et al., 2016; Tabibi et al., 2015; Walshe et al., 2017). Plusieurs épreuves exécutives et scolaires ont mis en évidence des difficultés, voire des déficits sévères, sur les indicateurs de temps à la fois dans les épreuves de FE et scolaires (*8 Labyrinthes, Grenouille, TMT, Go/No go ; Lecture, Dictée et Calcul mental*). Ces données pourraient laisser supposer des temps d'analyse et de prise de décision plus long dans des situations complexes, ce qui deviendrait particulièrement préjudiciable en situation de conduite. Ainsi, il serait pertinent de mener des recherches sur ces questionnements auprès d'anciens enfants nés prématurés et dans une perspective de *vie entière*.

CONCLUSION

La naissance prématurée est largement reconnue comme un facteur de risque de perturbation du développement cognitif malgré l'amélioration constante des soins. L'acquisition des compétences et des savoirs scolaires dépend de nombreux facteurs neuropsychologiques, dont les FE qui ont été identifiées comme particulièrement fragiles chez les enfants nés prématurés. L'objectif principal de cette thèse était d'examiner l'impact des FE sur les apprentissages scolaires dans la prématurité. La revue de la littérature a mis à jour des connaissances limitées et des carences théoriques et méthodologiques pour envisager précisément les interfaces entre contrôle exécutif et apprentissages académiques. À partir des recommandations internationales (Denckla, 1996; Diamond, 2013; Roy, 2015; Roy, Fournet et al., 2020; Toplak et al., 2013), une évaluation multidimensionnelle structurée a été proposée qui visait à appréhender les principales composantes des FE (inhibition, MT, flexibilité et planification) et les différents apprentissages académiques (lecture, orthographe et calcul), incluant à la fois des tests basés sur la performance (Batterie FÉE ; BMT-i) et des indicateurs issus de la vie quotidienne (BRIEF ; LSU) associant à la fois les parents et les enseignants.

Notre échantillon d'étude s'est révélé particulier au regard de ceux étudiés dans la littérature (Akshoomoff et al., 2017; Costa et al., 2017; Dai et al., 2020; Farooqi et al., 2016; Heeren et al., 2017; Johnson et al., 2011) et plus spécifiquement en France (Germany et al., 2015; Saurel-Cubizolles et al., 2020), notamment du fait des critères d'inclusion (AG, allaitement exclusif, absence de pathologies congénitales) et des facteurs de protection

identifiés (SES et niveau d'éducation des parents, QI). Malgré des capacités de raisonnement supérieures à la norme, près de la moitié des enfants de notre échantillon présentait des *TA* et un tiers des *Troubles des FE*. De plus, il apparaît que les enfants nés prématurés ayant des troubles exécutifs étaient plus à risque de développer des *TA*. La planification s'est révélée être un facteur clé de la réussite scolaire, quels que soient les indicateurs scolaires utilisés. Par ailleurs, aucun des facteurs périnataux évalués (sexe, AG, PN et présence de RCIU) ne prédit la présence de *TA* et de *Trouble des FE*. De même, plusieurs facteurs sociodémographiques considérés dans ce travail (présence d'antécédents familiaux de TND, retards de développement identifiés et demande d'évaluation neuropsychologique en amont) n'impactent pas la présence de *Troubles*. En revanche, les SEN et le niveau d'éducation parental impactent la présence de *TA* et de *Trouble des FE*.

Cette étude met en perspective les interactions significatives entre les *Troubles des FE* et les difficultés rencontrées par les enfants nés prématurés dans les apprentissages scolaires malgré les facteurs de protection périnataux et sociodémographiques constatés dans cet échantillon. L'identification et la prise en compte systématique de ces différentes dimensions, et notamment la planification, apparaît essentielle pour mettre en place les adaptations pédagogiques et favoriser le bien-être de l'enfant. Nos résultats incitent à la mise en place d'évaluations systématiques et élargies des apprentissages scolaires et des FE dans le cadre du suivi longitudinal des enfants vulnérables. Il apparaît important de favoriser les approches intégratives et de prendre en compte les interfaces entre les domaines médicaux, psychologiques et éducatifs afin d'agir au plus près des besoins de ces enfants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Duivenvoorden, H., Weisglas-Kuperus, N., Van Goudoever, J., & Oosterlaan, J. (2012). The profile of executive function in very preterm children at 4 to 12 years : Executive function in very preterm children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *54*(3), 247-253. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2011.04150.x>
- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Smidts, D. P., Oosterlaan, J., Duivenvoorden, H. J., & Weisglas-Kuperus, N. (2009). Executive function in very preterm children at early school age. *Journal of Abnormal Child Psychology*, *37*(7), 981-993. <https://doi.org/10.1007/s10802-009-9327-z>
- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Weisglas-Kuperus, N., Duivenvoorden, H. J., van Goudoever, J. B., & Oosterlaan, J. (2013). Executive function and IQ predict mathematical and attention problems in very preterm children. *PLoS ONE*, *8*(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055994>
- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Weisglas-Kuperus, N., van Goudoever, J. B., & Oosterlaan, J. (2009). Meta-analysis of neurobehavioral outcomes in very preterm and/or very low birth weight children. *Pediatrics*, *124*(2), 717-728. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-2816>
- Adams-Chapman, I. (2009). Insults to the developing brain and impact on neurodevelopmental outcome. *Journal of Communication Disorders*, *42*(4), 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2009.03.010>
- Adrian, J. A., Bakeman, R., Akshoomoff, N., & Haist, F. (2020). Cognitive functions

- mediate the effect of preterm birth on mathematics skills in young children. *Child Neuropsychology*, 26(6), 834-856. <https://doi.org/10.1080/09297049.2020.1761313>
- Akshoomoff, N., Joseph, R. M., Taylor, H. G., Allred, E. N., Heeren, T., O'Shea, T. M., & Kuban, K. C. K. (2017). Academic achievement deficits and their neuropsychological correlates in children born extremely preterm: *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 38(8), 627-637. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000479>
- Albaret, J. M., & Migliore, L. (1999). *Manuel du test de Stroop (8-15 ans)*. Les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée. <https://www.pearsonclinical.fr/stroop-test-dattention-selective-de-stroop-1>
- Alduncin, N., Huffman, L. C., Feldman, H. M., & Loe, I. M. (2014). Executive function is associated with social competence in preschool-aged children born preterm or full term. *Early Human Development*, 90(6), 299-306. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2014.02.011>
- Alegria, J., & Mousty, P. (1996). The development of spelling procedures in french-speaking, normal and reading-disabled children : Effects of frequency and lexicality. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(2), 312-338. <https://doi.org/10.1006/jecp.1996.0052>
- Allen, M. C., Cristofalo, E. A., & Kim, C. (2011). Outcomes of preterm infants : Morbidity replaces mortality. *Clinics in Perinatology*, 38(3), 441-454. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2011.06.011>
- Allix, P., Lubin, A., Lanoë, C., & Rossi, S. (2023). Connais-toi toi-même : Une perspective globale de la métacognition. *Psychologie Française*. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2022.08.002>
- Allotey, J., Zamora, J., Cheong-See, F., Kalidindi, M., Arroyo-Manzano, D., Asztalos, E., Post, J. van der, Mol, B. W., Moore, D., Birtles, D., Khan, K. S., & Thangaratinam, S. (2018). Cognitive, motor, behavioural and academic performances of children born preterm : A meta-analysis and systematic review involving 64 061 children.

- BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, 125(1), 16-25.
<https://doi.org/10.1111/1471-0528.14832>
- Als, H., Duffy, F. H., McAnulty, G., Butler, S. C., Lightbody, L., Kosta, S., Weisenfeld, N. I., Robertson, R., Parad, R. B., Ringer, S. A., Blickman, J. G., Zurakowski, D., & Warfield, S. K. (2012). NIDCAP improves brain function and structure in preterm infants with severe intrauterine growth restriction. *Journal of Perinatology*, 32(10), 797-803. <https://doi.org/10.1038/jp.2011.201>
- Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 30(5), 588-606.
<https://doi.org/10.1080/13803390701562818>
- Altimier, L. B., & Holditch-Davis, D. (2020). Neurobehavioral development. In C. Kenner, L. Altimier, & J. W. Lott (Éds.), *Comprehensive neonatal nursing care* (Sixth edition, p. 677-712). Springer Publishing Company.
- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes : A meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, 16(1), 17-42.
<https://doi.org/10.1007/s11065-006-9002-x>
- Anderson, P. J. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82.
<https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anderson, P. J., De Luca, C., Hutchinson, E., Spencer-Smith, M., Roberts, G., Doyle, L. W., & Victorian Infant Collaborative Study Group*. (2011). Attention problems in a representative sample of extremely preterm/extremely low birth weight children. *Developmental Neuropsychology*, 36(1), 57-73.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2011.540538>
- Anderson, P. J., Doyle, L. W., & Victorian Infant Collaborative Study Group. (2004). Executive functioning in school-aged children who were born very preterm or with extremely low birth weight in the 1990s. *Pediatrics*, 114(1), 50-57.

<https://doi.org/10.1542/peds.114.1.50>

- Anderson, S. W., Wisnowski, J. L., Barrash, J., Damasio, H., & Tranel, D. (2009). Consistency of neuropsychological outcome following damage to prefrontal cortex in the first years of life. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *31*(2), 170-179. <https://doi.org/10.1080/13803390802360526>
- Anderson, V. (1998). Assessing executive functions in children : Biological, psychological, and developmental considerations. *Neuropsychological Rehabilitation*, *8*(3), 319-349. <https://doi.org/10.1080/713755568>
- Anderson, V., Anderson, P. J., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an australian sample. *Developmental Neuropsychology*, *20*(1), 385-406. https://doi.org/10.1207/S15326942DN2001_5
- Antshel, K. M. (2010). ADHD, learning, and academic performance in phenylketonuria. *Molecular Genetics and Metabolism*, *99*, S52-S58. <https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2009.09.013>
- Araujo, G. C., Antonini, T. N., Anderson, V., Vannatta, K. A., Salley, C. G., Bigler, E. D., Taylor, H. G., Gerhardt, C., Rubin, K., Dennis, M., Lo, W., Mackay, M. T., Gordon, A., Hajek Koterba, C., Gomes, A., Greenham, M., & Owen Yeates, K. (2017). Profiles of executive function across children with distinct brain disorders : Traumatic brain injury, stroke, and brain tumor. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, *23*(7), 529-538. <https://doi.org/10.1017/S1355617717000364>
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental Neuropsychology*, *28*(1), 539-560. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2801_5
- Arhan, E., Gücüyener, K., Soysal, Ş., Şalvarlı, Ş., Gürses, M. A., Serdaroğlu, A., Demir, E., Ergenekon, E., Türkyılmaz, C., Önal, E., Koç, E., & Atalay, Y. (2017). Regional brain volume reduction and cognitive outcomes in preterm children at low risk at

- 9 years of age. *Child's Nervous System*, 33(8), 1317-1326.
<https://doi.org/10.1007/s00381-017-3421-2>
- Arpi, E., D'Amico, R., Lucaccioni, L., Bedetti, L., Berardi, A., & Ferrari, F. (2019). Worse global intellectual and worse neuropsychological functioning in preterm-born children at preschool age : A meta-analysis. *Acta Paediatrica*, 108(9), 1567-1579.
<https://doi.org/10.1111/apa.14836>
- Arpi, E., & Ferrari, F. (2013). Preterm birth and behaviour problems in infants and preschool-age children : A review of the recent literature. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(9), 788-796. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12142>
- Arpino, C., Compagnone, E., Montanaro, M. L., Cacciatore, D., De Luca, A., Cerulli, A., Di Girolamo, S., & Curatolo, P. (2010). Preterm birth and neurodevelopmental outcome : A review. *Child's Nervous System*, 26(9), 1139-1149.
<https://doi.org/10.1007/s00381-010-1125-y>
- Asato, M. R., Sweeney, J. A., & Luna, B. (2006). Cognitive processes in the development of TOL performance. *Neuropsychologia*, 44(12), 2259-2269.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.010>
- Ashton, R. (2010). Practitioner review : Beyond shaken baby syndrome: what influences the outcomes for infants following traumatic brain injury? *Journal of Child Psychology & Psychiatry*, 51(9), 967-980. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02272.x>
- Ask, H., Gustavson, K., Ystrom, E., Havdahl, K. A., Tesli, M., Askeland, R. B., & Reichborn-Kjennerud, T. (2018). Association of gestational age at birth with symptoms of attention-deficit/hyperactivity disorder in children. *JAMA Pediatrics*, 172(8), 749-756. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2018.1315>
- Aylward, G. P. (2002). Cognitive and neuropsychological outcomes : More than IQ scores. *Mental Retardation & Developmental Disabilities Research Reviews*, 8(4), 234-240.
<https://doi.org/10.1002/mrdd.10043>
- Azria, É. (2015). Précarité sociale et risque périnatal. *Enfances & Psy*, 67(3), 13-31.

<https://doi.org/10.3917/ep.067.0013>

- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 49A(1), 5-28.
<https://doi.org/10.1080/027249896392784>
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer : A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baron, I. S., Ahronovich, M. D., Erickson, K., Gidley Larson, J. C., & Litman, F. R. (2009). Age-appropriate early school age neurobehavioral outcomes of extremely preterm birth without severe intraventricular hemorrhage : A single center experience. *Early Human Development*, 85(3), 191-196.
<https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2008.09.411>
- Baron, I. S., Erickson, K., Ahronovich, M., Baker, R., & Litman, F. R. (2011). Neuropsychological and behavioral outcomes of extremely low birth weight at age three. *Developmental Neuropsychology*, 36(1), 5-21.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2011.540526>
- Baron, I. S., Kerns, K. A., Müller, U., Ahronovich, M., & Litman, F. R. (2012). Executive functions in extremely low birth weight and late-preterm preschoolers : Effects on working memory and response inhibition. *Child Neuropsychology*, 18(6), 586-599.
<https://doi.org/10.1080/09297049.2011.631906>
- Baron, I. S., Weiss, B. A., Baker, R., Khoury, A., Remsburg, I., Thermolice, J. W., Litman, F. R., & Ahronovich, M. D. (2014). Subtle adverse effects of late preterm birth : A cautionary note. *Neuropsychology*, 28(1), 11.
- Barre, N., Morgan, A., Doyle, L. W., & Anderson, P. J. (2011). Language abilities in children who were very preterm and/or very low birth weight : A meta-analysis. *The Journal of Pediatrics*, 158(5), 766-774.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.10.032>
- Bayless, S., & Stevenson, J. (2007). Executive functions in school-age children born very

- prematurely. *Early Human Development*, 83(4), 247-254.
<https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2006.05.021>
- Beaino, G., Khoshnood, B., Kaminski, M., Marret, S., Pierrat, V., Vieux, R., Thiriez, G., Matis, J., Picaud, J.-C., Rozé, J.-C., Alberge, C., Larroque, B., Bréart, G., & Ancel, P.-Y. (2011). Predictors of the risk of cognitive deficiency in very preterm infants : The EPIPAGE prospective cohort. *Acta Paediatrica*, 100(3), 370-378.
<https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2010.02064.x>
- Beaussart, M.-L., Barbarot, S., Mauger, C., & Roy, A. (2018). Systematic review and meta-analysis of executive functions in preschool and school-age children with neurofibromatosis type 1. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 24(9), 977-994. <https://doi.org/10.1017/S1355617718000383>
- Belfort, M. B. (2018). Human milk and preterm infant brain development. *Breastfeeding Medicine*, 13(S1), S-23. <https://doi.org/10.1089/bfm.2018.29079.mbb>
- Bellaj, T., Roy, A., & Le Gall, D. (2018). Neuropsychologie de l'enfant et culture : Réflexions sur le défis et les perspectives dans le contexte magrébin. In A. Roy, B. Guillery-Girard, G. Aubin, & C. Mayor (Éds.), *Neuropsychologie de l'enfant : Approches cliniques, modélisations théoriques et méthodes* (DeBoeck supérieur, p. 362-380).
- Bellaj, T., Soumaya Salhi, I., & Guerra, A. (2021). Diversité culturelle et développement des fonctions exécutives chez l'enfant. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin (Éds.), *Les fonctions exécutives de l'enfant : Approches théoriques et cliniques* (364^e éd., p. 14-26). De Boeck supérieur.
- Benavente-Fernández, I., Synnes, A., Grunau, R. E., Chau, V., Ramraj, C., Glass, T., Cayam-Rand, D., Siddiqi, A., & Miller, S. P. (2019). Association of socioeconomic status and brain injury with neurodevelopmental outcomes of very preterm children. *JAMA Network Open*, 2(5), e192914-e192914.
<https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.2914>
- Benítez-Marín, M. J., Marín-Clavijo, J., Blanco-Elena, J. A., Jiménez-López, J., &

- González-Mesa, E. (2021). Brain sparing effect on neurodevelopment in children with intrauterine growth restriction : A systematic review. *Children*, 8(9), 745. <https://doi.org/10.3390/children8090745>
- Benjamini, Y., & Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate : A practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 57(1), 289-300. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x>
- Berzin, C., & Brisset, C. (2008). Le statut de la difficulté dans les apprentissages : Les représentations des enseignants spécialisés et non spécialisés. *Carrefours de l'éducation*, 25(1), 91-101. <https://doi.org/10.3917/cdle.025.0091>
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development*, 81(6), 1641-1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5 : Changes and correlates. *Developmental Review*, 29(3), 180-200. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002>
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.01.007>
- Bhutta, A. T., Cleves, M. A., Casey, P. H., Craddock, M. M., & Anand, K. J. S. (2002). Cognitive and behavioral outcomes of school-aged children who were born preterm : A meta-analysis. *JAMA*, 288(6), 728. <https://doi.org/10.1001/jama.288.6.728>
- Bianco, M. (2016). *Conférence de consensus « Lire, comprendre, apprendre »*. (p. 68). CNESCO - Conseil national d'évaluation du système scolaire - Institut Français de l'Éducation. <https://www.cnesco.fr/lecture/>
- Bideaud, J., Vilette, B., & Meljac, C. (2007). L'apprentissage du calcul et ses troubles. In J. Lautrey, S. Ionescu, & A. Blanchet, *Psychologie du développement et de l'éducation*

- (p. 277-326). Presses universitaires de France.
- Billard, C., Fluss, J., Ducot, B., Bricout, L., Richard, G., Ecalle, J., Magnan, A., Warszawski, J., & Ziegler, J. (2009). Troubles d'acquisition de la lecture en cours élémentaire : Facteurs cognitifs, sociaux et comportementaux dans un échantillon de 1062 enfants. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 57(3), 191-203. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2009.02.205>
- Billard, C., Mirassou, A., & Touzin, M. (2019). *BMT-i—Batterie Modulable de Test informatisée*. Orthoedition.com. <https://www.orthoedition.com/evaluations/bmt-i-4210.html>
- Billard, C., Thiébaud, E., Gassama, S., Touzin, M., Thalabard, J.-C., Mirassou, A., & Munnich, A. (2021). The Computerized Adaptable Test battery (BMT-i) for rapid assessment of children's academic skills and cognitive functions : A validation study. *Frontiers in Pediatrics*, 9. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.656180>
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x>
- Blakemore, S.-J. (2008). The social brain in adolescence. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 267-277. <https://doi.org/10.1038/nrn2353>
- Blencowe, H., Cousens, S., Chou, D., Oestergaard, M., Say, L., Moller, A.-B., Kinney, M., Lawn, J., & the Born Too Soon Preterm Birth Action Group (see acknowledgement for full list). (2013). Born too soon : The global epidemiology of 15 million preterm births. *Reproductive Health*, 10(1), S2. <https://doi.org/10.1186/1742-4755-10-S1-S2>
- Blondel, B., Coulm, B., Bonnet, C., Goffinet, F., & Le Ray, C. (2017). Trends in perinatal health in metropolitan France from 1995 to 2016 : Results from the French National Perinatal Surveys. *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction*, 46(10), 701-713. <https://doi.org/10.1016/j.jogoh.2017.09.002>
- Bonnet, C., Blondel, B., Piedvache, A., Wilson, E., Bonamy, A.-K. E., Gortner, L.,

- Rodrigues, C., van Heijst, A., Draper, E. S., Cuttini, M., Zeitlin, J., & Group, the E. R. (2019). Low breastfeeding continuation to 6 months for very preterm infants : A European multiregional cohort study. *Maternal & Child Nutrition*, *15*(1), e12657. <https://doi.org/10.1111/mcn.12657>
- Booth, J. N., Boyle, J. M. E., & Kelly, S. W. (2010). Do tasks make a difference? Accounting for heterogeneity of performance of children with reading difficulties on tasks of executive function: Findings from a meta-analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, *28*(1), 133-176. <https://doi.org/10.1348/026151009X485432>
- Boquien, C.-Y., Billard, H., Simon, L., Boscher, C., Legrand, A., Joram, E., Moyon, T., Alexandre-Gouabau, M.-C., Darmaun, D., & Rozé, J.-C. (2021). Breast milk protein content at week 3 after birth and neurodevelopmental outcome in preterm infants fed fortified breast milk. *European Journal of Nutrition*, *60*(7), 3959-3969. <https://doi.org/10.1007/s00394-021-02562-8>
- Borchers, L. R., Bruckert, L., Travis, K. E., Dodson, C. K., Loe, I. M., Marchman, V. A., & Feldman, H. M. (2019). Predicting text reading skills at age 8 years in children born preterm and at term. *Early Human Development*, *130*, 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.01.012>
- Borst, G. (2021). Contrôle exécutif, cerveau et apprentissages scolaires. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin, *Les fonctions exécutives de l'enfant* (1ere éd., p. 51-59). De Boeck Supérieur.
- Bosse, M.-L., & Zagar, D. (2016). La conscience phonémique en maternelle : Etat des connaissances et proposition d'évolution des pratiques pédagogiques actuelles. *Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*. <https://hal.science/hal-01623137>
- Boussicault, G., Nguyen The Tich, S., Branger, B., Guimard, P., Florin, A., Rozé, J.-C., & Flamant, C. (2013). The global school adaptation score : A new neurodevelopmental assessment tool for very preterm children at five years of age. *The Journal of Pediatrics*, *163*(2), 460-464.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2013.01.052>

- Bressoux, P., & Pansu, P. (2003). *Quand les enseignants jugent leurs élèves*. Presses Universitaires de France - PUF.
- Brévaut-Malaty, V., Resseguier, N., Garbi, A., Tosello, B., Thomachot, L., Vialet, R., & Gire, C. (2022). Long term neurodevelopmental outcomes after sevoflurane neonatal exposure of extremely preterm children : A cross-sectional observationnal study. *Children*, 9(4), 548. <https://doi.org/10.3390/children9040548>
- Bright, H. R., Babata, K., Allred, E. N., Erdei, C., Kuban, K. C. K., Joseph, R. M., O'Shea, T. M., Leviton, A., & Dammann, O. (2017). Neurocognitive outcomes at 10 years of age in extremely preterm newborns with late-onset bacteremia. *The Journal of Pediatrics*, 187, 43-49.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.04.045>
- Brissaud, C. (2011). Didactique de l'orthographe : Avancées ou piétinements ? *Pratiques. Linguistique, littérature, didactique*, 149-150, 207-226. <https://doi.org/10.4000/pratiques.1740>
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13 : A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26(2), 571-593. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2602_3
- Brown, G. (2009). NICU Noise and the Preterm Infant. *Neonatal Network*, 28(3), 165-173. <https://doi.org/10.1891/0730-0832.28.3.165>
- Browne, J. V. (2011). Developmental care for high-risk newborns : Emerging science, clinical application, and continuity from newborn intensive care unit to community. *Clinics in Perinatology*, 38(4), 719-729. <https://doi.org/10.1016/j.clp.2011.08.003>
- Brumbaugh, J. E., Hansen, N. I., Bell, E. F., Sridhar, A., Carlo, W. A., Hintz, S. R., Vohr, B. R., Colaizy, T. T., Duncan, A. F., Wyckoff, M. H., Baack, M. L., Rysavy, M. A., DeMauro, S. B., Stoll, B. J., Das, A., & Higgins, R. D. (2019). Outcomes of extremely preterm infants with birth weight less than 400 g. *JAMA Pediatrics*, 173(5), 434-445. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2019.0180>
- Brumbaugh, J. E., Hodel, A. S., & Thomas, K. M. (2014). The impact of late preterm birth

- on executive function at preschool age. *American Journal of Perinatology*, 31(04), 305-314. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1348950>
- Brydges, C. R., Landes, J. K., Reid, C. L., Campbell, C., French, N., & Anderson, M. (2018). Cognitive outcomes in children and adolescents born very preterm : A meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 60(5), 452-468. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13685>
- Bucci, S., Bevilacqua, F., De Marchis, C., Coletti, M. F., Gentile, S., & Dall'Oglio, A. M. (2020). Learning abilities in a population of Italian healthy preterm children at the end of primary school. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph17207599>
- Bujang, M. A., Sa'at, N., Sidik, T. M. I. T. A. B., & Joo, L. C. (2018). Sample size guidelines for logistic regression from observational studies with large population : Emphasis on the accuracy between statistics and parameters based on real life clinical data. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS*, 25(4), 122-130. <https://doi.org/10.21315/mjms2018.25.4.12>
- Bull, R., & Lee, K. (2014). Executive Functioning and Mathematics Achievement. *Child Development Perspectives*, 8(1), 36-41. <https://doi.org/10.1111/cdep.12059>
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability : Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. https://doi.org/10.1207/S15326942DN1903_3
- Burnett, A. C., Anderson, P. J., Lee, K. J., Roberts, G., Doyle, L. W., Cheong, J. L. Y., & Group, for the V. I. C. S. (2018). Trends in executive functioning in extremely preterm children across 3 birth eras. *Pediatrics*, 141(1), 8. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-1958>
- Burnett, A. C., Scratch, S. E., Lee, K. J., Cheong, J. L. Y., Searle, K., Hutchinson, E., Luca, C. D., Davey, M.-A., Roberts, G., Doyle, L. W., & Anderson, P. J. (2015). Executive function in adolescents born <1000 g or <28 weeks : A prospective cohort study. *Pediatrics*, 135(4), e826-e834. <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3188>

- Butterfuss, R., & Kendeou, P. (2018). The role of executive functions in reading comprehension. *Educational Psychology Review*, 30(3), 801-826. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9422-6>
- Cadeau, O., Muller, J.-B., & Charbonnier, V. (2021). Troubles des fonctions exécutives chez l'enfant prématuré : Axes de réflexions pour une prise en soin intégrative et ajustée. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin, *Les fonctions exécutives de l'enfant* (1ere éd., p. 94-112). De Boeck Supérieur.
- Callen, J., & Pinelli, J. (2005). A review of the literature examining the benefits and challenges, incidence and duration, and barriers to breastfeeding in preterm infants. *Advances in Neonatal Care*, 5(2), 72. <https://doi.org/10.1016/j.adnc.2004.12.003>
- Cambridge Cognition. (s. d.). *CANTAB - Cognitive assessment software*. Cambridge Cognition. Consulté 29 avril 2021, à l'adresse <https://cambridgecognition.com/digital-cognitive-assessments/>
- Campiglia, M., Seegmuller, C., Le Gall, D., Fournet, N., Roulin, J.-L., & Roy, A. (2014). Assessment of everyday executive functioning in children with frontal or temporal epilepsies. *Epilepsy & Behavior*, 39, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2014.07.023>
- Canton, M., Gall, D. L., Feillet, F., Bonnemains, C., & Roy, A. (2019). Neuropsychological profile of children with early and continuously treated phenylketonuria : Systematic review and future approaches. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 25(6), 624-643. <https://doi.org/10.1017/S1355617719000146>
- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The foundations of spelling ability : Evidence from a 3-year longitudinal study. *Journal of Memory and Language*, 45(4), 751-774. <https://doi.org/10.1006/jmla.2000.2785>
- Carbasse, A., Kracher, S., Hausser, M., Langlet, C., Escande, B., Donato, L., Astruc, D., & Kuhn, P. (2013). Safety and effectiveness of skin-to-skin contact in the NICU to support neurodevelopment in vulnerable preterm infants. *The Journal of Perinatal & Neonatal Nursing*, 27(3), 255. <https://doi.org/10.1097/JPN.0b013e31829dc349>

- Carlson, S. M., Zelazo, P. D., & Faja, S. (2013). Executive Function. In P. D. Zelazo (Éd.), *The oxford handbook of developmental psychology, vol. 1* (p. 705-743). Oxford University Press.
<http://oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199958450.001.0001/oxfordhb-9780199958450-e-25>
- Carretti, B., Borella, E., Cornoldi, C., & De Beni, R. (2009). Role of working memory in explaining the performance of individuals with specific reading comprehension difficulties : A meta-analysis. *Learning and Individual Differences, 19*(2), 246-251.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.10.002>
- Cartwright, K. B., Marshall, T. R., Huemer, C. M., & Payne, J. B. (2019). Executive function in the classroom : Cognitive flexibility supports reading fluency for typical readers and teacher-identified low-achieving readers. *Research in Developmental Disabilities, 88*, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.01.011>
- Cassotti, M., Salvia, E., & Aïte, A. (2021). Fonctions exécutives et apprentissages chez l'enfant et l'adolescent. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin, *Les fonctions exécutives de l'enfant : Approches théoriques et cliniques* (p. 39-50). De Boeck supérieur.
- Catale, C., Willems, S., Lejeune, C., & Meulemans, T. (2012). Parental educational level influence on memory and executive performance in children. *European Review of Applied Psychology, 62*(3), 161-171. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2012.04.003>
- Chan, E., & Quigley, M. A. (2014). School performance at age 7 years in late preterm and early term birth : A cohort study. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition, 99*(6), F451-F457. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2014-306124>
- Chapitre Ier : L'obligation scolaire. (Articles L131-1 à L131-13), Code de l'éducation.
 Consulté 17 juillet 2023, à l'adresse
<https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000006166564>
- Charbonnier, V., Roy, A., Seegmuller, C., Gautier, A., & Le Gall, D. (2011). Étude d'un cas

- de syndrome dysexécutif à prédominance cognitive chez un enfant présentant une épilepsie frontale symptomatique. *Revue de neuropsychologie*, 3(1), 11-22. <https://doi.org/10.1684/nrp.2011.0161>
- Charkaluk, M.-L., Rousseau, J., Benhammou, V., Datin-Dorrière, V., Flamant, C., Gire, C., Kern, S., Pierrat, V., Kaminski, M., & Marret, S. (2019). Association of language skills with other developmental domains in extremely, very, and moderately preterm children : Epipage 2 cohort study. *The Journal of Pediatrics*, 208, 114-120.e5. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.12.007>
- Charollais, A., Stumpf, M.-H., De Quelen, R., Rondeau, S., Pasquet, F., & Marret, S. (2014). Delayed language development at two years of age in very preterm infants in the Perinatal Network of Haute-Normandie. *Early Human Development*, 90(12), 891-892. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2014.10.001>
- Chawanpaiboon, S., Vogel, J. P., Moller, A.-B., Lumbiganon, P., Petzold, M., Hogan, D., Landoulsi, S., Jampathong, N., Kongwattanakul, K., Laopaiboon, M., Lewis, C., Rattanakanokchai, S., Teng, D. N., Thinkhamrop, J., Watananirun, K., Zhang, J., Zhou, W., & Gülmezoglu, A. M. (2019). Global, regional, and national estimates of levels of preterm birth in 2014 : A systematic review and modelling analysis. *The Lancet Global Health*, 7(1), e37-e46. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30451-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30451-0)
- Cheong, J. L. Y., Anderson, P. J., Burnett, A. C., Roberts, G., Davis, N., Hickey, L., Carse, E., Doyle, L. W., & Group, for the V. I. C. S. (2017). Changing neurodevelopment at 8 years in children born extremely preterm since the 1990s. *Pediatrics*, 139(6). <https://doi.org/10.1542/peds.2016-4086>
- Cheong, J. L. Y., Olsen, J. E., Lee, K. J., Spittle, A. J., Opie, G. F., Clark, M., Boland, R. A., Roberts, G., Josev, E. K., Davis, N., Hickey, L. M., Anderson, P. J., Doyle, L. W., & Victorian Infant Collaborative Study Group. (2021). Temporal trends in neurodevelopmental outcomes to 2 years after extremely preterm birth. *JAMA Pediatrics*, 175(10), 1035-1042. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2021.2052>

- Chevalier, N. (2010). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Concepts et développement. *Canadian Psychology, 51*(3), 149-163. <https://doi.org/10.1037/a0020031>
- Chevignard, M. P., Catroppa, C., Galvin, J., & Anderson, V. (2010). Development and evaluation of an ecological task to assess executive functioning post childhood tbi : The children's cooking task. *Brain Impairment, 11*(2), 125-143. <https://doi.org/10.1375/brim.11.2.125>
- Chiss, J.-L., & David, J. (2012). L'orthographe du français et son apprentissage. In *Didactique du français et étude de la langue* (p. 233-244). Armand Colin.
- Chow, J. C., & Jacobs, M. (2016). The role of language in fraction performance : A synthesis of literature. *Learning and Individual Differences, 47*, 252-257. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.12.017>
- Christians, J. K., Ahmadzadeh-Seddeighi, S., Bilal, A., Bogdanovic, A., Ho, R., Leung, E. V., MacGregor, M. A., Nadasdy, N. M., & Principe, G. M. (2023). Sex differences in the effects of prematurity and/or low birthweight on neurodevelopmental outcomes : Systematic review and meta-analyses. *Biology of Sex Differences, 14*(1), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s13293-023-00532-9>
- Chyi, L. J., Lee, H. C., Hintz, S. R., Gould, J. B., & Sutcliffe, T. L. (2008). School outcomes of late preterm infants : Special needs and challenges for infants born at 32 to 36 weeks gestation. *The Journal of Pediatrics, 153*(1), 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2008.01.027>
- Clark, C. A. C., Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental Psychology, 46*(5), 1176-1191. <https://doi.org/10.1037/a0019672>
- Clark, C. A. C., & Woodward, L. J. (2015). Relation of perinatal risk and early parenting to executive control at the transition to school. *Developmental Science, 18*(4), 525-542. <https://doi.org/10.1111/desc.12232>
- Clayton, S., Simms, V., Cragg, L., Gilmore, C., Marlow, N., Spong, R., & Johnson, S.

- (2021). Etiology of persistent mathematics difficulties from childhood to adolescence following very preterm birth. *Child Neuropsychology*, 0(0), 1-17. <https://doi.org/10.1080/09297049.2021.1955847>
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Effects of a Preschool Mathematics Curriculum : Summative Research on the Building Blocks Project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(2), 136-163.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Collectif. (2003). *DSM-IV TR - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (2e édition). Editions Masson.
- Concato, J., Peduzzi, P., Holford, T. R., & Feinstein, A. R. (1995). Importance of events per independent variable in proportional hazards analysis. I. Background, goals, and general strategy. *Journal of Clinical Epidemiology*, 48(12), 1495-1501. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(95\)00510-2](https://doi.org/10.1016/0895-4356(95)00510-2)
- Conners, C. K., Wells, K. C., Parker, J. D. A., Sitarenios, G., Diamond, J. M., & Powell, J. W. (1997). A new self-report scale for assessment of adolescent psychopathology : Factor structure, reliability, validity, and diagnostic sensitivity. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 25(6), 487-497. <https://doi.org/10.1023/A:1022637815797>
- Cortés Pascual, A., Moyano Muñoz, N., & Quílez Robres, A. (2019). The relationship between executive functions and academic performance in primary education : Review and meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01582>
- Costa, D. S., Miranda, D. M., Burnett, A. C., Doyle, L. W., Cheong, J. L. Y., Anderson, P. J., & Group, on behalf of the V. I. C. S. (2017). Executive function and academic outcomes in children who were extremely preterm. *Pediatrics*, 140(3). <https://doi.org/10.1542/peds.2017-0257>
- Costini, A., & Remigereau, C. (2021). Troubles des fonctions exécutives et trouble

- développemental de la coordination : Réflexions théoriques et cliniques dans le champ des troubles neurodéveloppementaux. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin (Éds.), *Les fonctions exécutives de l'enfant : Approches théoriques et cliniques* (364^e éd., p. 142-165). De Boeck supérieur.
- Coulanges, L., Abreu-Mendoza, R. A., Varma, S., Uncapher, M. R., Gazzaley, A., Anguera, J., & Rosenberg-Lee, M. (2021). Linking inhibitory control to math achievement via comparison of conflicting decimal numbers. *Cognition*, *214*, 104767. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104767>
- Crahay, M., & Dutrévis, M. (2015). *Psychologie des apprentissages scolaires*. De Boeck Supérieur.
- Crahay, M., Dutrévis, M., & Marcoux, G. (2015). L'apprentissage en situation scolaire : Un processus multidimensionnel. In M. Crahay & M. Dutrévis, *Psychologie des apprentissages scolaires* (p. 16-48). De Boeck Supérieur.
- Cserjesi, R., Braeckel, K. N. J. A. V., Butcher, P. R., Kerstjens, J. M., Reijneveld, S. A., Bouma, A., Geuze, R. H., & Bos, A. F. (2012). Functioning of 7-Year-Old Children Born at 32 to 35 Weeks' Gestational Age. *Pediatrics*, *130*(4), e838-e846. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-2079>
- Daamen, M., Bäuml, J. G., Scheef, L., Meng, C., Jurcoane, A., Jaekel, J., Sorg, C., Busch, B., Baumann, N., Bartmann, P., Wolke, D., Wohlschläger, A., & Boecker, H. (2015). Neural correlates of executive attention in adults born very preterm. *NeuroImage: Clinical*, *9*, 581-591. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2015.09.002>
- Dai, D. W. T., Wouldes, T. A., Brown, G. T. L., Tottman, A. C., Alsweiler, J. M., Gamble, G. D., & Harding, J. E. (2020). Relationships between intelligence, executive function and academic achievement in children born very preterm. *Early Human Development*, *148*, 105122. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2020.105122>
- Daussin, J.-M., Rocher, T., & Trosseille, B. (2010). L'attestation de la maîtrise du socle commun est-elle soluble dans le jugement des enseignants? *Éducation & Formations*, *79*, 45-58.

- Deforge, H. (2005). *Conséquences cognitives de la prématurité à l'âge scolaire : Étude comparative des fonctions inhibitrices chez des enfants nés à terme et prématurés* [PhD Thesis]. Université Nancy 2.
- Deforge, H., Andre, M., Hascoet, J.-M., Fresson, J., & Toniolo, A.-M. (2009). Conséquences de la grande prématurité dans le domaine visuo-spatial, à l'âge de cinq ans. *Archives de Pédiatrie*, *16*(3), 227-234. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2008.12.012>
- Dégeilh, F., Eustache, F., & Guillery-Girard, B. (2015). Le développement cognitif et cérébral de la mémoire : De l'enfance à l'âge adulte. *Biologie Aujourd'hui*, *209*(3), 249-260. <https://doi.org/10.1051/jbio/2015026>
- de Graaf-Peters, V. B., & Hadders-Algra, M. (2006). Ontogeny of the human central nervous system : What is happening when? *Early Human Development*, *82*(4), 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2005.10.013>
- Dehaene, S., Christophe, A., Dehaene-Lambertz, G., Izard, V., Pasquinelli, E., & Spelke, E. (2021). *L'ouverture aux mathématiques à l'école maternelle et au CP* (p. 14). Conseil Scientifique de l'Éducation Nationale. https://site.ac-martinique.fr/pole-maternelle/wp-content/uploads/sites/27/2022/11/WEB_Ouverture_aux_mathematiques_a_l_ecole_maternelle_et_au_CP.pdf
- Dehaene, S., Dehaene-Lambertz, G., Gentaz, É., Huron, C., & Sprenger-Charolles, L. (2011). *Apprendre à lire : Des sciences cognitives à la salle de classe*. Odile Jacob.
- de Jong, M., Verhoeven, M., & van Baar, A. L. (2012). School outcome, cognitive functioning, and behaviour problems in moderate and late preterm children and adults : A review. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, *17*(3), 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2012.02.003>
- de Kieviet, J. F., Zoetebier, L., Elburg, R. M. van, Vermeulen, R. J., & Oosterlaan, J. (2012). Brain development of very preterm and very low-birthweight children in childhood and adolescence : A meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *54*(4), 313-323. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2011.04216.x>

- Delahaye, J.-P. (2015). *Grande pauvreté et réussite scolaire : Le choix de la solidarité pour la réussite de tous*. (p. 223). Inspection Générale de l'Éducation Nationale (IGEN). http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/52/7/Rapport_IGEN-mai2015-grande_pauvrete_reussite_scolaire_421527.pdf
- Demetriou, E. A., Lampit, A., Quintana, D. S., Naismith, S. L., Song, Y. J. C., Pye, J. E., Hickie, I., & Guastella, A. J. (2018). Autism spectrum disorders : A meta-analysis of executive function. *Molecular Psychiatry*, *23*(5), 1198-1204. <https://doi.org/10.1038/mp.2017.75>
- Denckla, M. B. (1996). Research on executive function in a neurodevelopmental context : Application of clinical measures. *Developmental Neuropsychology*, *12*(1), 5-15. <https://doi.org/10.1080/87565649609540637>
- Dennis, M. (2006). Prefrontal cortex : Typical and atypical development. In J. Risberg & J. Grafman, *The Frontal Lobes : Development, Function and Pathology* (1^{re} éd., p. 138-162). Cambridge University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*(1), 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dubois, J., Benders, M., Cachia, A., Lazeyras, F., Ha-Vinh Leuchter, R., Sizonenko, S. V., Borradori-Tolsa, C., Mangin, J. F., & Hüppi, P. S. (2008). Mapping the early cortical folding process in the preterm newborn brain. *Cerebral Cortex*, *18*(6), 1444-1454. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhm180>
- Dubois, J., Dehaene-Lambertz, G., Mangin, J.-F., Le Bihan, D., Hüppi, P. S., & Hertz-Pannier, L. (2012). Neurophysiologie clinique : Développement cérébral du nourrisson et imagerie par résonance magnétique. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, *42*(1-2), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2011.08.001>
- Duchesne, J., & Piron, S. (2015). Écrits universitaires et orthographe grammaticale. *Linx. Revue des linguistes de l'université Paris X Nanterre*, *72*, 95-110. <https://doi.org/10.4000/linx.1610>

- Duke, N. K., & Cartwright, K. B. (2021). The science of reading progresses : Communicating advances beyond the simple view of reading. *Reading Research Quarterly*, 56(S1), S25-S44. <https://doi.org/10.1002/rrq.411>
- Duru-Bellat, M. (2008). Les déterminants sociaux et pédagogiques de la réussite scolaire. In S. Ionescu & A. Blanchet, *Psychologie du développement et de l'éducation* (p. 171-195). Presses Univ. de France.
- Écalle, J. (2010). L'évaluation de la lecture et des compétences associées. *Revue française de linguistique appliquée*, XV(1), 105-120. <https://doi.org/10.3917/rfla.151.0105>
- Écalle, J., Magnan, A., & Ramus, F. (2007). L'apprentissage de la lecture et ses troubles. In J. Lautrey, S. Ionescu, & A. Blanchet, *Psychologie du développement et de l'éducation*. Presses universitaires de France.
- Éduscol. (2016a). *Évaluer la maîtrise du socle commun aux cycles 2, 3 et 4*. éduscol | Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse - Direction générale de l'enseignement scolaire. <https://eduscol.education.fr/document/14092/download>
- Éduscol. (2016b). *Principes d'action pour évaluer les acquis des élèves*. éduscol | Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse - Direction générale de l'enseignement scolaire. <https://eduscol.education.fr/document/14089/download>
- Éduscol. (2023). *École élémentaire : Mise en œuvre du livret scolaire dans le 1er degré*. éduscol | Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse - Direction générale de l'enseignement scolaire. <https://eduscol.education.fr/144/ecole-elementaire-mise-en-oeuvre-du-livret-scolaire-dans-le-1er-degre>
- Ehri, L. C. (2005). Learning to read words : Theory, findings, and issues. *Scientific Studies of Reading*, 9(2), 167-188. https://doi.org/10.1207/s1532799xssr0902_4
- Emslie, H., Wilson, C., Burden, V., Mimmo-Smith, I., & Wilson, B. (2003). *Behavioral assessment of dysexecutive syndrome for children (BADSC)* (Thames Valley Test Company).

- Er-Rafiqi, M., Roukoz, C., Le Gall, D., & Roy, A. (2017). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Développement, influences culturelles et perspectives cliniques. *Revue de neuropsychologie*, 9(1), 27-34. <https://doi.org/10.1684/nrp.2017.0405>
- Er-Rafiqi, M., Roukoz, C., Le Gall, D., & Roy, A. (2018). Fonctions exécutives, environnement et contexte chez l'enfant. In A. Roy, B. Guillery-Girard, G. Aubin, & C. Mayor (Éds.), *Neuropsychologie de l'enfant : Approches cliniques, modélisations théoriques et méthodes* (DeBoeck supérieur, p. 201-219).
- Eustache, F. (2003). *Pourquoi notre mémoire est-elle si fragile ?* (Le Pommier / Cité des sciences et de l'industrie). Le Pommier.
- Eves, R., Wolke, D., Spiegler, J., & Lemola, S. (2023). Association of birth weight centiles and gestational age with cognitive performance at age 5 years. *JAMA Network Open*, 6(8), e2331815. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2023.31815>
- Farah, M. J. (2017). The neuroscience of socioeconomic status : Correlates, causes, and consequences. *Neuron*, 96(1), 56-71. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.08.034>
- Farooqi, A., Adamsson, M., Serenius, F., & Hägglöf, B. (2016). Executive functioning and learning skills of adolescent children born at fewer than 26 weeks of gestation. *PLOS ONE*, 11(3), e0151819. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151819>
- Farooqi, A., Hägglöf, B., & Serenius, F. (2013). Behaviours related to executive functions and learning skills at 11 years of age after extremely preterm birth : A Swedish national prospective follow-up study. *Acta Paediatrica*, 102(6), 625-634. <https://doi.org/10.1111/apa.12219>
- Fayol, M. (2006). L'orthographe et son apprentissage. *Observatoire nationale de la lecture, Les journées de l'Observatoire Mars 2006*, 53-73.
- Feldman, R., Rosenthal, Z., & Eidelman, A. I. (2014). Maternal-preterm skin-to-skin contact enhances child physiologic organization and cognitive control across the first 10 years of life. *Biological Psychiatry*, 75(1), 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.08.012>

- Fernández de Gamarra-Oca, L., Ojeda, N., Gómez-Gastiasoro, A., Peña, J., Ibarretxe-Bilbao, N., García-Guerrero, M. A., Loureiro, B., & Zubiaurre-Elorza, L. (2021). Long-term neurodevelopmental outcomes after moderate and late preterm birth : A systematic review. *The Journal of Pediatrics*, 237, 168-176.e11. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.06.004>
- Fewtrell, M. S., Morgan, J. B., Duggan, C., Gunnlaugsson, G., Hibberd, P. L., Lucas, A., & Kleinman, R. E. (2007). Optimal duration of exclusive breastfeeding : What is the evidence to support current recommendations? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(2), 635S-638S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/85.2.635S>
- Feyfant, A. (2011). Les effets de l'éducation familiale sur la réussite scolaire. *Dossier d'actualité veille et analyses*, 63, 14.
- Firth, D. (1993). Bias reduction of maximum likelihood estimates. *Biometrika*, 80(1), 27-38. <https://doi.org/10.1093/biomet/80.1.27>
- Flacking, R., Nyqvist, K. H., & Ewald, U. (2007). Effects of socioeconomic status on breastfeeding duration in mothers of preterm and term infants. *European Journal of Public Health*, 17(6), 579-584. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckm019>
- Follmer, D. J. (2018). Executive function and reading comprehension : A meta-analytic review. *Educational Psychologist*, 53(1), 42-60. <https://doi.org/10.1080/00461520.2017.1309295>
- Fonseca Wald, E. L. A., Hendriksen, J. G. M., Drenthen, G. S., Kuijk, S. M. J. V., Aldenkamp, A. P., Vles, J. S. H., Vermeulen, R. J., Debeij-van Hall, M. H. J. A., & Klinkenberg, S. (2019). Towards a better understanding of cognitive deficits in absence epilepsy : A systematic review and meta-analysis. *Neuropsychology Review*, 29(4), 421-449. <https://doi.org/10.1007/s11065-019-09419-2>
- Fournet, N., Bouvard, M., Potard, C., Riquin, E., & Fradin, A. (2021). Déficit des fonctions exécutives dans les troubles psychopathologiques de l'enfant. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin (Éds.), *Les fonctions exécutives de l'enfant : Approches théoriques et cliniques* (364^e éd., p. 128-141). De Boeck supérieur.

- Franz, A. P., Bolat, G. U., Bolat, H., Matijasevich, A., Santos, I. S., Silveira, R. C., Procianoy, R. S., Rohde, L. A., & Moreira-Maia, C. R. (2018). Attention-deficit/hyperactivity disorder and very preterm/very low birth weight : A meta-analysis. *Pediatrics*, *141*(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2017-1645>
- Frey, H. A., & Klebanoff, M. A. (2016). The epidemiology, etiology, and costs of preterm birth. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, *21*(2), 68-73. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2015.12.011>
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions : A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(1), 101-135. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.1.101>
- Friso-van den Bos, I., van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., & van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children : A meta-analysis. *Educational Research Review*, *10*, 29-44. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.003>
- Frye, R. E., Landry, S. H., Swank, P. R., & Smith, K. E. (2009). Executive dysfunction in poor readers born prematurely at high risk. *Developmental Neuropsychology*, *34*(3), 254-271. <https://doi.org/10.1080/87565640902805727>
- Fung, C. M. (2023). Effects of intrauterine growth restriction on embryonic hippocampal dentate gyrus neurogenesis and postnatal critical period of synaptic plasticity that govern learning and memory function. *Frontiers in Neuroscience*, *17*. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1092357>
- Gagné, P.-P., Longpré, J.-P., & Rossi, S. (2023). *MémoAction*. memoaction. <https://www.memoaction.com>
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics : A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, *47*(6), 1539-1552. <https://doi.org/10.1037/a0025510>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive

- mechanisms underlying achievement deficits in children with mathematical learning disability. *Child Development*, 78(4), 1343-1359. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x>
- Germany, L., Saurel-Cubizolles, M.-J., Ehlinger, V., Napoletano, A., Alberge, C., Guyard-Boileau, B., Pierrat, V., Genolini, C., Ancel, P.-Y., Arnaud, C., & EPIPAGE Study Group. (2015). Social context of preterm delivery in France in 2011 and impact on short-term health outcomes : The EPIPAGE 2 cohort study. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 29(3), 184-195. <https://doi.org/10.1111/ppe.12189>
- Gerst, E. H., Cirino, P. T., Fletcher, J. M., & Yoshida, H. (2017). Cognitive and behavioral rating measures of executive function as predictors of academic outcomes in children. *Child Neuropsychology*, 23(4), 381-407. <https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1120860>
- Gilboa, Y., Rosenblum, S., Fattal-Valevski, A., Toledano-Alhadeef, H., & Josman, N. (2014). Is there a relationship between executive functions and academic success in children with neurofibromatosis type 1? *Neuropsychological Rehabilitation*, 24(6), 918-935. <https://doi.org/10.1080/09602011.2014.920262>
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C., & Kenworthy, L. (2000). Behavior Rating Inventory of Executive Function. *Child Neuropsychology*, 6(3), 235-238. <https://doi.org/10.1076/chin.6.3.235.3152>
- Gire, C., Resseguier, N., Brévaut-Malaty, V., Marret, S., Cambonie, G., Souksi-Medioni, I., Muller, J.-B., Garcia, P., Berbis, J., Tosello, B., & Auquier, P. (2019). Quality of life of extremely preterm school-age children without major handicap : A cross-sectional observational study. *Archives of Disease in Childhood*, 104(4), 333-339. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2018-315046>
- Gire, C., Tosello, B., Marret, S., Cambonie, G., Souksi-Medioni, I., Muller, J.-B., Garcia, P., Berbis, J., Auquier, P., Brévaut-Malaty, V., & Resseguier, N. (2020). Specific cognitive correlates of the quality of life of extremely preterm school-aged children without major neurodevelopmental disability. *Pediatric Research*, 1-11.

<https://doi.org/10.1038/s41390-020-0795-8>

- Godde, E., Bosse, M.-L., & Bailly, G. (2021). Échelle multi-dimensionnelle de fluence : Nouvel outil d'évaluation de la fluence en lecture prenant en compte la prosodie, étalonné du CE1 à la 5e. *L'Année psychologique*, *121*(2), 19-43. <https://doi.org/10.3917/anpsy1.212.0019>
- Godin, M.-P., Gagné, A., & Chapleau, N. (2018). Phonographic spelling errors in developmental language disorder: Insights from executive functions. *Neuroeducation*, *5*(2), 46-61. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20180502.46>
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., Nugent, T. F., Herman, D. H., Clasen, L. S., Toga, A. W., Rapoport, J. L., & Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *101*(21), 8174-8179. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402680101>
- Goldenberg, R. L., Culhane, J. F., Iams, J. D., & Romero, R. (2008). Epidemiology and causes of preterm birth. *The Lancet*, *371*(9606), 75-84. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60074-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60074-4)
- Gough, P. B., & Tunmer, W. E. (1986). Decoding, Reading, and Reading Disability. *Remedial and Special Education*, *7*(1), 6-10. <https://doi.org/10.1177/074193258600700104>
- Graham, S., Fishman, E. J., Reid, R., & Hebert, M. (2016). Writing characteristics of students with attention deficit hyperactive disorder: A meta-analysis. *Learning Disabilities Research & Practice*, *31*(2), 75-89. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12099>
- Grunau, R. E., Whitfield, M. F., & Fay, T. B. (2004). Psychosocial and academic characteristics of extremely low birth weight (≤ 800 g) adolescents who are free of major impairment compared with term-born control subjects. *Pediatrics*, *114*(6), e725-e732. <https://doi.org/10.1542/peds.2004-0932>
- Guarini, A., Bonifacci, P., Tobia, V., Alessandrini, R., Faldella, G., & Sansavini, A. (2019).

- The profile of very preterm children on academic achievement. A cross-population comparison with children with specific learning disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 87, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.02.001>
- Guerra, A., Hazin, I., Siebra, C., Rezende, M., Silvestre, I., Gall, D. L., & Roy, A. (2020). Assessing executive functions in Brazilian children : A critical review of available tools. *Applied Neuropsychology: Child*, 0(0), 1-13. <https://doi.org/10.1080/21622965.2020.1775598>
- Guimard, P., Cosnefroy, O., & Florin, A. (2007). Évaluation des comportements et des compétences scolaires par les enseignants et prédiction des performances et des parcours à l'école élémentaire et au collège. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 36/2, 179-202. <https://doi.org/10.4000/osp.1372>
- Hack, M., Forrest, C. B., Schluchter, M., Taylor, H. G., Drotar, D., Holmbeck, G., & Andreias, L. (2011). Health status of extremely low-birth-weight children at 8 years of age : Child and parent perspective. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 165(10), 922-927. <https://doi.org/10.1001/archpediatrics.2011.149>
- Halpern, D. F. (2012). *Sex Differences in Cognitive Abilities: 4th Edition* (4^e éd.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203816530>
- Hannula-Sormunen, M. M., Nanu, C. E., Laakkonen, E., Munck, P., Kiuru, N., & Lehtonen, L. (2017). Early mathematical skill profiles of prematurely and full-term born children. *Learning and Individual Differences*, 55, 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.03.004>
- Hart, B., & Risley, T. R. (2003). The early catastrophe : The 30 million word gap by age 3. *American Educator*, 27(1), 4-9.
- HAS. (2020). *Troubles du neurodéveloppement—Repérage et orientation des enfants à risque* (p. 33) [Texte de recommandation]. Haute Autorité de Santé (HAS). https://www.has-sante.fr/jcms/p_3161334/fr/troubles-du-neurodeveloppement-reperage-et-orientation-des-enfants-a-risque

- Hasler, H. M., & Akshoomoff, N. (2019). Mathematics ability and related skills in preschoolers born very preterm. *Child Neuropsychology*, 25(2), 162-178. <https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1412413>
- Hattie, J. (2010). *Visible learning : A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (Reprinted). Routledge.
- Hayashi, Y., Foreman, A. M., Friedel, J. E., & Wirth, O. (2018). Executive function and dangerous driving behaviors in young drivers. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 52, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.11.007>
- Head, L. M. (2014). The effect of kangaroo care on neurodevelopmental outcomes in preterm infants. *The Journal of Perinatal & Neonatal Nursing*, 28(4), 290-299. <https://doi.org/10.1097/JPN.0000000000000062>
- Heeren, T., Joseph, R. M., Allred, E. N., O'Shea, T. M., Leviton, A., & Kuban, K. C. K. (2017). Cognitive functioning at the age of 10 years among children born extremely preterm: A latent profile approach. *Pediatric Research*, 82(4), 614-619. <https://doi.org/10.1038/pr.2017.82>
- Heinonen, K., Pesonen, A.-K., Lahti, J., Pyhälä, R., Strang-Karlsson, S., Hovi, P., Järvenpää, A.-L., Eriksson, J. G., Andersson, S., Kajantie, E., & Raikonen, K. (2013). Self- and parent-rated executive functioning in young adults with very low birth weight. *Pediatrics*, 131(1), e243-e250. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-0839>
- Heinze, G., Ploner, M., Dunkler, D., Southworth, H., Jiricka, L., & Steiner, G. (2023). *logistf: Firth's bias-reduced logistic regression* (1.25.0) [Logiciel]. <https://cran.r-project.org/web/packages/logistf/index.html>
- Hodel, A. S., Brumbaugh, J. E., Morris, A. R., & Thomas, K. M. (2016). Hot executive function following moderate-to-late preterm birth: Altered delay discounting at 4 years of age. *Developmental Science*, 19(2), 221-234. <https://doi.org/10.1111/desc.12307>

- Hofstadter, D., & Sander, E. (2013). *L'Analogie, coeur de la pensée*. Odile Jacob.
- Hollebrandse, N. L., Spittle, A. J., Burnett, A. C., Anderson, P. J., Roberts, G., Doyle, L. W., & Cheong, J. L. Y. (2020). School-age outcomes following intraventricular haemorrhage in infants born extremely preterm. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-318989>
- Hooper, S. R., Swartz, C. W., Wakely, M. B., de Kruif, R. E. L., & Montgomery, J. W. (2002). Executive functions in elementary school children with and without problems in written expression. *Journal of Learning Disabilities*, 35(1), 57-68. <https://doi.org/10.1177/002221940203500105>
- Horn, W. F., & Packard, T. (1985). Early identification of learning problems : A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 77(5), 597-607. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.77.5.597>
- Hornby, G., & Woodward, L. J. (2009). Educational needs of school-aged children born very and extremely preterm : A review. *Educational Psychology Review*, 21(3), 247-266. <https://doi.org/10.1007/s10648-009-9109-8>
- Inder, T. E., Warfield, S. K., Wang, H., Hüppi, P. S., & Volpe, J. J. (2005). Abnormal Cerebral Structure Is Present at Term in Premature Infants. *Pediatrics*, 115(2), 286-294. <https://doi.org/10.1542/peds.2004-0326>
- INSEE, Institut national de la statistique et des études économiques. (2017). *Diplômes—Formation en 2014 — France*. https://www.insee.fr/fr/statistiques/2874000/?geo=FRANCE-1#tableau-FOR_G2
- INSEE, Institut national de la statistique et des études économiques. (2021, novembre 25). *France, portrait social—Édition 2021*. INSEE. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/5432451?sommaire=5435421>
- INSERM, institut national de la santé et de la recherche médicale (Éd.). (2004). *Déficiences et handicaps d'origine périnatale : Dépistage et prise en charge. synthèse et recommandations*. Les éditions Inserm.

<http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/144>

- Isaacs, E. B., Fischl, B. R., Quinn, B. T., Chong, W. K., Gadian, D. G., & Lucas, A. (2010). Impact of breast milk on intelligence quotient, brain size, and white matter development. *Pediatric Research*, 67(4), 357-362. <https://doi.org/10.1203/PDR.0b013e3181d026da>
- Jackson, W. M., Davis, N., Calderon, J., Lee, J. J., Feirsen, N., Bellinger, D. C., & Sun, L. S. (2021). Executive functions in children with heart disease : A systematic review and meta-analysis. *Cardiology in the Young*, 31(12), 1914-1922. <https://doi.org/10.1017/S1047951121001074>
- Jacob, R., & Parkinson, J. (2015). The potential for school-based interventions that target executive function to improve academic achievement : A review. *Review of Educational Research*, 85(4), 512-552. <https://doi-org.buadistant.univ-angers.fr/10.3102/0034654314561338>
- Jacquier-Roux, M., Lequette, C., Valdois, S., Zorman, M., & Pouget, G. (2005). Outil de dépistage des dyslexies (ODEDYS)—Version 2. *Grenoble : Laboratoire des sciences de l'éducation*. <http://www.cognisciences.com/>
- Jaekel, J., Anderson, P. J., Bartmann, P., Cheong, J. L. Y., Doyle, L. W., Hack, M., Johnson, S., Marlow, N., Saigal, S., Schmidt, L., Sullivan, M. C., & Wolke, D. (2021). Mathematical performance in childhood and early adult outcomes after very preterm birth : An individual participant data meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/dmcn.15132>
- Jaekel, J., Eryigit-Madzwamuse, S., & Wolke, D. (2016). Preterm toddlers' inhibitory control abilities predict attention regulation and academic achievement at age 8 years. *The Journal of Pediatrics*, 169, 87-92.e1. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.10.029>
- Jaekel, J., Wolke, D., & Bartmann, P. (2013). Poor attention rather than hyperactivity/impulsivity predicts academic achievement in very preterm and full-term adolescents. *Psychological Medicine*, 43(1), 183-196.

<https://doi.org/10.1017/S0033291712001031>

Jin, J. H., Yoon, S. W., Song, J., Kim, S. W., & Chung, H. J. (2019). Long-term cognitive, executive, and behavioral outcomes of moderate and late preterm at school age. *Clinical and Experimental Pediatrics*, 63(6), 219-225. <https://doi.org/10.3345/kjp.2019.00647>

Johnson, S. (2007). Cognitive and behavioural outcomes following very preterm birth. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 12(5), 363-373. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2007.05.004>

Johnson, S. B., Riis, J. L., & Noble, K. G. (2016). State of the art review : Poverty and the developing brain. *Pediatrics*, 137(4), e20153075. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-3075>

Johnson, S., Strauss, V., Gilmore, C., Jaekel, J., Marlow, N., & Wolke, D. (2016). Learning disabilities among extremely preterm children without neurosensory impairment : Comorbidity, neuropsychological profiles and scholastic outcomes. *Early Human Development*, 103, 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.07.009>

Johnson, S., Wolke, D., Hennessy, E., & Marlow, N. (2011). Educational outcomes in extremely preterm children : Neuropsychological correlates and predictors of attainment. *Developmental Neuropsychology*, 36(1), 74-95. <https://doi.org/10.1080/87565641.2011.540541>

Joseph, R. M., O'Shea, T. M., Allred, E. N., Heeren, T., Hirtz, D., Jara, H., Leviton, A., Kuban, K. C. K., & Investigators, for the E. S. (2016). Neurocognitive and academic outcomes at age 10 years of extremely preterm newborns. *Pediatrics*, 137(4). <https://doi.org/10.1542/peds.2015-4343>

Jurado, M. B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions : A review of our current understanding. *Neuropsychology Review*, 17(3), 213-233. <https://doi.org/10.1007/s11065-007-9040-z>

Kadesjö, B., Janols, L.-O., Korkman, M., Mickelsson, K., Strand, G., Trillingsgaard, A., &

- Gillberg, C. (2004). The FTF (Five to Fifteen): The development of a parent questionnaire for the assessment of ADHD and comorbid conditions. *European Child & Adolescent Psychiatry, 13*(3), iii3-iii13. <https://doi.org/10.1007/s00787-004-3002-2>
- Kail, R., & Salthouse, T. A. (1994). Processing speed as a mental capacity. *Acta Psychologica, 86*(2), 199-225. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0001-6918(94)90003-5)
- Kerr-Wilson, C. O., Mackay, D. F., Smith, G. C. S., & Pell, J. P. (2012). Meta-analysis of the association between preterm delivery and intelligence. *Journal of Public Health, 34*(2), 209-216. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdr024>
- Kilbride, H. W., Thorstad, K., & Daily, D. K. (2004). Preschool outcome of less than 801-gram preterm infants compared with full-term siblings. *Pediatrics, 113*(4), 742-747. <https://doi.org/10.1542/peds.113.4.742>
- Koenig-Zores, C., & Kuhn, P. (2016). Les unités de néonatalogie, un environnement inhospitalier? Perceptions et attentes sensorielles du nouveau-né prématuré hospitalisé. *Revue de médecine périnatale, 8*(3), 141-148. <https://doi.org/10.1007/s12611-016-0374-8>
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2012). *Bilan neuropsychologique de l'enfant Seconde Édition: NEPSY II* (Les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée). <https://www.pearsonclinical.fr/nepsy-ii-bilan-neuropsychologique-de-lenfant-2nde-edition>
- Korzeniewski, S. J., Allred, E. N., Joseph, R. M., Heeren, T., Kuban, K. C. K., O'Shea, T. M., Leviton, A., & for the ELGAN Study Investigators. (2017). Neurodevelopment at age 10 years of children born <28 weeks with fetal growth restriction. *Pediatrics, 140*(5), e20170697. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-0697>
- Kovachy, V. N., Adams, J. N., Tamaresis, J. S., & Feldman, H. M. (2015). Reading abilities in school-aged preterm children: A review and meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology, 57*(5), 410-419. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12652>

- Krasny-Pacini, A., Chevignard, M., Lancien, S., Escolano, S., Laurent-Vannier, A., De Agostini, M., & Meyer, P. (2017). Executive function after severe childhood traumatic brain injury – Age-at-injury vulnerability periods : The TGE prospective longitudinal study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, *60*(2), 74-82. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.06.001>
- Kriegbaum, K., Becker, N., & Spinath, B. (2018). The relative importance of intelligence and motivation as predictors of school achievement : A meta-analysis. *Educational Research Review*, *25*, 120-148. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.10.001>
- Kroll, J., Karolis, V., Brittain, P. J., Tseng, C.-E. J., Froudust-Walsh, S., Murray, R. M., & Nosarti, C. (2017). Real-Life Impact of Executive Function Impairments in Adults Who Were Born Very Preterm. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *23*(5), 381-389. <https://doi.org/10.1017/S1355617717000169>
- Kuhn, P., Sizun, J., Casper, C., & Society, the G. study group from the F. N. (2018). Recommendations on the environment for hospitalised newborn infants from the French neonatal society : Rationale, methods and first recommendation on neonatal intensive care unit design. *Acta Paediatrica*, *107*(11), 1860-1866. <https://doi.org/10.1111/apa.14501>
- Lachaux, J.-P. (2020). *L'attention, ça s'apprend ! À la découverte du programme ATOLE*. Canopé Éditions MDI.
- Lafay, A., Cornet, N. M., & Barilaro, M. (2023). Le vocabulaire mathématique de l'enfant : Revue de littérature systématique et synthèse narrative. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*. <https://doi.org/10.1016/j.neurenf.2023.06.004>
- Lagercrantz, H., & Ringstedt, T. (2001). Organization of the neuronal circuits in the central nervous system during development. *Acta Paediatrica*, *90*(7), 707-715. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2001.tb02792.x>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, *33*(1), 159-174. <https://doi.org/10.2307/2529310>

- Lanoë, C., Vidal, J., Lubin, A., Houdé, O., & Borst, G. (2016). Inhibitory control is needed to overcome written verb inflection errors : Evidence from a developmental negative priming study. *Cognitive Development*, 37, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2015.10.005>
- Larroque, B., Ancel, P.-Y., Marchand, L., Cambonie, G., Fresson, J., Pierrat, V., Rozé, J. C., Marpeau, L., Thiriez, G., Alberge, C., Bréart, G., Kaminski, M., Marret, S., & the Epipage Study group. (2011). Special care and school difficulties in 8-year-old very preterm children : The epipage cohort study. *PLoS ONE*, 6(7), e21361. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021361>
- Larroque, B., Ancel, P.-Y., Marret, S., Marchand, L., André, M., Arnaud, C., Pierrat, V., Rozé, J. C., Messer, J., Thiriez, G., Burguet, A., Picaud, J. C., Bréart, G., & Kaminski, M. (2008). Neurodevelopmental disabilities and special care of 5-year-old children born before 33 weeks of gestation (the EPIPAGE study) : A longitudinal cohort study. *The Lancet*, 371(9615), 813-820. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60380-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60380-3)
- Larsen, J., Kochhar, P., Wolke, D., Draper, E. S., Marlow, N., & Johnson, S. (2023). Comparing behavioural outcomes in children born extremely preterm between 2006 and 1995 : The EPICure studies. *European Child & Adolescent Psychiatry*. <https://doi.org/10.1007/s00787-023-02258-w>
- Latal, B. (2009). Prediction of Neurodevelopmental Outcome After Preterm Birth. *Pediatric Neurology*, 40(6), 413-419. <https://doi.org/10.1016/j.pediatrneurol.2009.01.008>
- Lawson, G. M., Duda, J. T., Avants, B. B., Wu, J., & Farah, M. J. (2013). Associations between children's socioeconomic status and prefrontal cortical thickness. *Developmental Science*, 16(5), 641-652. <https://doi.org/10.1111/desc.12096>
- Lawson, G. M., Hook, C. J., & Farah, M. J. (2018). A meta-analysis of the relationship between socioeconomic status and executive function performance among children. *Developmental Science*, 21(2), e12529. <https://doi.org/10.1111/desc.12529>
- Leclercq, V., Jambaqué, I., Picard, A., Bricout, L., & Siéroff, É. (2006). Trouble du contrôle

- attentionnel et prématurité. *Revue de Neuropsychologie*, 16(1), 41-64.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. H. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child Development*, 84(6), 1933-1953. <https://doi.org/10.1111/cdev.12096>
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L., & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning : Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80. <https://doi.org/10.1348/026151003321164627>
- Lejeune, F., Huppi, P. S., & Barisnikov, K. (2020). La prématurité. In S. Majerus, I. Jambaqué, L. Mottron, M. Van der Linden, & M. Poncelet, *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (Deboeck Supérieur, p. 339-357).
- Lepola, J., Lynch, J., Kiuru, N., Laakkonen, E., & Niemi, P. (2016). Early oral language comprehension, task orientation, and foundational reading skills as predictors of grade 3 reading comprehension. *Reading Research Quarterly*, 51(4), 373-390. <https://doi.org/10.1002/rrq.145>
- Levine, S. C., Ratliff, K. R., Huttenlocher, J., & Cannon, J. (2012). Early puzzle play : A predictor of preschoolers' spatial transformation skill. *Developmental Psychology*, 48(2), 530-542. <https://doi.org/10.1037/a0025913>
- Leviton, A., Joseph, R. M., Allred, E. N., O'Shea, T. M., Taylor, H. G., & Kuban, K. K. C. (2018). Antenatal and neonatal antecedents of executive dysfunctions in extremely preterm children: *Journal of Child Neurology*. <https://doi.org/10.1177/0883073817750499>
- Libertus, M. E., Forsman, L., Aden, U., & Hellgren, K. (2017). Deficits in approximate number system acuity and mathematical abilities in 6.5-year-old children born extremely preterm. *Frontiers in Psychology*, 8, 1175. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01175>
- Linsell, L., Johnson, S., Wolke, D., Morris, J., Kurinczuk, J. J., & Marlow, N. (2019). Trajectories of behavior, attention, social and emotional problems from childhood to early adulthood following extremely preterm birth : A prospective cohort study.

- European Child & Adolescent Psychiatry*, 28(4), 531-542.
<https://doi.org/10.1007/s00787-018-1219-8>
- Linsell, L., Malouf, R., Morris, J., Kurinczuk, J. J., & Marlow, N. (2015). Prognostic factors for poor cognitive development in children born very preterm or with very low birth weight: A systematic review. *JAMA Pediatrics*, 169(12), 1162-1172.
<https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2015.2175>
- Lipkind, H. S., Slopen, M. E., Pfeiffer, M. R., & McVeigh, K. H. (2012). School-age outcomes of late preterm infants in New York City. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 206(3), 222.e1-222.e6. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2012.01.007>
- Litt, J., Taylor, H. G., Klein, N., & Hack, M. (2005). Learning disabilities in children with very low birthweight: Prevalence, neuropsychological correlates, and educational interventions. *Journal of Learning Disabilities*, 38(2), 130-141.
<https://doi.org/10.1177/00222194050380020301>
- Litt, J., Taylor, H. G., Margevicius, S., Schluchter, M., Andreias, L., & Hack, M. (2012). Academic achievement of adolescents born with extremely low birth weight. *Acta Paediatrica*, 101(12), 1240-1245. <https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2012.02790.x>
- Lodinos, V., & Alix, E. (2015). Fonctions exécutives: Quelle réalité scolaire? *Développements*, 7, 41-57.
- Loe, I. M., Chatav, M., & Alduncin, N. (2015). Complementary assessments of executive function in preterm and full-term preschoolers. *Child Neuropsychology*, 21(3), 331-353. <https://doi.org/10.1080/09297049.2014.906568>
- Loe, I. M., Feldman, H. M., & Huffman, L. C. (2014). Executive function mediates effects of gestational age on functional outcomes and behavior in preschoolers: *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 35(5), 323-333.
<https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000063>
- Loe, I. M., Heller, N. A., & Chatav, M. (2019). Behavior problems and executive function impairments in preterm compared to full term preschoolers. *Early Human*

- Development*, 130, 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.01.014>
- Loe, I. M., Lee, E. S., Luna, B., & Feldman, H. M. (2012). Executive function skills are associated with reading and parent-rated child function in children born prematurely. *Early Human Development*, 88(2), 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2011.07.018>
- Logan, J. W., Allred, E. N., Msall, M. E., Joseph, R. M., Michael O'Shea, T. T., Heeren, T., Leviton, A., & Kuban, K. C. K. (2019). Neurocognitive function of 10-year-old multiples born less than 28 weeks of gestational age. *Journal of Perinatology*, 39(2), 237-247. <https://doi.org/10.1038/s41372-018-0273-x>
- Logan, J. W., Dammann, O., Allred, E. N., Dammann, C., Beam, K., Joseph, R. M., O'Shea, T. M., Leviton, A., & Kuban, K. C. K. (2017). Early postnatal illness severity scores predict neurodevelopmental impairments at 10 years of age in children born extremely preterm. *Journal of Perinatology*, 37(5), 606-614. <https://doi.org/10.1038/jp.2016.242>
- Loi n° 2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République, 2013-595 (2013). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000027677984/>
- Lubin, A., Lanoë, C., Pineau, A., & Rossi, S. (2012). Apprendre à inhiber : Une pédagogie innovante au service des apprentissages scolaires fondamentaux (mathématiques et orthographe) chez des élèves de 6 à 11 ans. *Neuroeducation*, 1(1), 55-84. <https://doi.org/10.24046/neuroed.20120101.55>
- Lubin, A., Regrin, E., Boulc'H, L., Pacton, S., & Lanoë, C. (2016). Executive functions differentially contribute to fourth graders' mathematics, reading, and spelling skills. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 15, 444-463. <https://doi.org/10.1891/1945-8959.15.3.444>
- Lubin, A., Vidal, J., Lanoë, C., Houdé, O., & Borst, G. (2013). Inhibitory control is needed for the resolution of arithmetic word problems : A developmental negative priming study. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 701-708.

<https://doi.org/10.1037/a0032625>

- Lucas, A., Morley, R., Cole, T. J., Lister, G., & Leeson-Payne, C. (1992). Breast milk and subsequent intelligence quotient in children born preterm. *The Lancet*, 339(8788), 261-264. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(92\)91329-7](https://doi.org/10.1016/0140-6736(92)91329-7)
- Luu, T. M., Ment, L., Allan, W., Schneider, K., & Vohr, B. R. (2011). Executive and memory function in adolescents born very preterm. *Pediatrics*, 127(3), e639-e646. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1421>
- Madzwamuse, S. E., Baumann, N., Jaekel, J., Bartmann, P., & Wolke, D. (2015). Neuro-cognitive performance of very preterm or very low birth weight adults at 26 years. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(8), 857-864. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12358>
- Makowski, D., Ben-Shachar, M. S., Patil, I., & Lüdtke, D. (2020). Methods and Algorithms for Correlation Analysis in R. *Journal of Open Source Software*, 5(51), 2306. <https://doi.org/10.21105/joss.02306>
- Malecki, C., & Elliott, S. (2002). Children's social behaviors as predictors of academic achievement: A longitudinal analysis. *School Psychology Quarterly*, 17, 1-23. <https://doi.org/10.1521/scpq.17.1.1.19902>
- Marlow, N., Hennessy, E. M., Bracewell, M. A., & Wolke, D. (2007). Motor and executive function at 6 years of age after extremely preterm birth. *Pediatrics*, 120(4), 793-804. <https://doi.org/10.1542/peds.2007-0440>
- Marlow, N., Johnson, S., & Hurst, J. R. (2022). The extremely preterm young adult – State of the art. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 27(3), 101365. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2022.101365>
- Marlow, N., Ni, Y., Lancaster, R., Suonpera, E., Bernardi, M., Fahy, A., Larsen, J., Trickett, J., Hurst, J. R., Morris, J., Wolke, D., & Johnson, S. (2021). No change in neurodevelopment at 11 years after extremely preterm birth. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 106(4), 418-424.

<https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-320650>

- Martin, J. A., Hamilton, B. E., Osterman, M. J. K., Driscoll, A. K., & Mathews, T. J. (2017). Births : Final Data for 2015. *National Vital Statistics Reports: From the Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics, National Vital Statistics System*, 66(1), 1.
- Mathiasen, R., Hansen, B. M., Nybo Anderson, A.-M., & Greisen, G. (2009). Socio-economic achievements of individuals born very preterm at the age of 27 to 29 years : A nationwide cohort study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51(11), 901-908. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03331.x>
- Mauger, C., Lancelot, C., Roy, A., Coutant, R., Cantisano, N., & Le Gall, D. (2018). Executive functions in children and adolescents with turner syndrome : A systematic review and meta-analysis. *Neuropsychology Review*, 28(2), 188-215. <https://doi.org/10.1007/s11065-018-9372-x>
- McBryde, M., Fitzallen, G. C., Liley, H. G., Taylor, H. G., & Bora, S. (2020). Academic outcomes of school-aged children born preterm : A systematic review and meta-analysis. *JAMA Network Open*, 3(4), e202027-e202027. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.2027>
- McCann, J. P., Rider, G. N., Weiss, B. A., Litman, F. R., & Baron, I. S. (2014). Latent mean comparisons on the BRIEF in preterm children : Parent and teacher differences. *Child Neuropsychology*, 20(6), 737-751. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.859663>
- Merle, P. (1998). *Sociologie de l'évaluation scolaire* (Presses Universitaires de France). Presses universitaires de France.
- Miconnet, N., & Vourc'h, R. (2015). Détermination des standards minimaux pour évaluer les compétences du socle commun. *Éducation & Formations*, 86-87, 141-158.
- Missions des médecins de l'éducation nationale—Circulaire n° 2015-118 du 10-11-2015, (2015). <https://www.education.gouv.fr/bo/15/Hebdo42/MENE1517120C.htm>

Socle commun de connaissances, de compétences et de culture, 2015-372 du 31-3-2015 – J.O. du 2-4-2015 Code de l'éducation, notamment article L. 122-1-1 ; avis du CSP du 12-2-2015 ; avis du CSE du 12-3-2015 (2015).
<https://www.education.gouv.fr/bo/15/Hebdo17/MENE1506516D.htm>

Arrêté du 31 décembre 2015 fixant le contenu du livret scolaire de l'école élémentaire et du collège, Pub. L. No. MENE1531425A-JORF n°0002 du 3 janvier 2016 (2016).
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/12/31/MENE1531425A/jo/texte>

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2019). *Pour enseigner la lecture et l'écriture au CEI*. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse.

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2021a). *La résolution de problèmes mathématiques au collège*.
<https://eduscol.education.fr/document/13132/download?attachment>

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2021b). *Pour enseigner la lecture et l'écriture au CP*. Ministère de l'éducation nationale.

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2021c). *Pour enseigner les nombres, le calcul et la résolution de problèmes au CP*. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports.

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2022a). *La compréhension au cours moyen*. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports.

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2022b). *La résolution de problèmes mathématiques au cours moyen*. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse.

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2022c). *Repères annuels de progression—Cycle 2*. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse.
<https://eduscol.education.fr/document/13966/download>

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2022d). *Repères annuels de progression—Cycle 3*. Ministère de l'éducation nationale et de la jeunesse.

<https://eduscol.education.fr/document/14020/download>

Ministère de l'Éducation Nationale (Éd.). (2023). *Guide pour enseigner la construction du nombre à l'école maternelle*. Ministère de l'éducation nationale, de la jeunesse et des sports. <https://eduscol.education.fr/document/50924/download>

Contenu du livret scolaire de l'école élémentaire et du collège, Pub. L. No. Arrêté du 31-12-2015 (2016). <https://www.education.gouv.fr/bo/16/Hebdo3/MENE1531425A.htm>

Ministère de l'éducation nationale, & Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance (Éds.). (2015). *Repères et références statistiques : Enseignements, formation, recherche* (DEPP). DEPP. <https://www.education.gouv.fr/media/11177/download>

Ministère de l'éducation nationale, & Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance (Éds.). (2022). *Repères et références statistiques : Enseignements, formation, recherche* (DEPP). DEPP. <https://www.education.gouv.fr/reperes-et-references-statistiques-2022-326939>

Mireille, R., Geoffre, T., & Florence, E. (2018). Francographe : Un outil d'évaluation des compétences orthographiques d'enfants entre 7 et 12 ans. *SHS Web of Conferences*, 46. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20184607012>

Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks : A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.

Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., Houts, R., Poulton, R., Roberts, B. W., Ross, S., Sears, M. R., Thomson, W. M., & Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(7), 2693-2698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>

Molloy, C. S., Anderson, P. J., Anderson, V., & Doyle, L. W. (2016). The long-term outcome

- of extremely preterm (<28 weeks' gestational age) infants with and without severe retinopathy of prematurity. *Journal of Neuropsychology*, *10*(2), 276-294. <https://doi.org/10.1111/jnp.12069>
- Molloy, C. S., Battista, A. M. D., Anderson, V. A., Burnett, A., Lee, K. J., Roberts, G., Cheong, J. L. Y., Anderson, P. J., & Doyle, L. W. (2017). The contribution of visual processing to academic achievement in adolescents born extremely preterm or extremely low birth weight. *Child Neuropsychology*, *23*(3), 361-379. <https://doi.org/10.1080/09297049.2015.1118024>
- Monette, S., & Bigras, M. (2008). La mesure des fonctions exécutives chez les enfants d'âge préscolaire. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, *49*(4), 323.
- Monette, S., Bigras, M., & Guay, M.-C. (2011). The role of the executive functions in school achievement at the end of Grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, *109*(2), 158-173. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.01.008>
- Morken, F., & Helland, T. (2013). Writing in Dyslexia : Product and Process. *Dyslexia*, *19*(3), 131-148. <https://doi.org/10.1002/dys.1455>
- Mulder, H., Pitchford, N. J., Hagger, M. S., & Marlow, N. (2009). Development of executive function and attention in preterm children : A systematic review. *Developmental Neuropsychology*, *34*(4), 393-421. <https://doi.org/10.1080/87565640902964524>
- Mulder, H., Pitchford, N. J., & Marlow, N. (2010). Processing speed and working memory underlie academic attainment in very preterm children. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, *95*(4), F267-F272. <https://doi.org/10.1136/adc.2009.167965>
- Mulder, H., Pitchford, N. J., & Marlow, N. (2011). Processing speed mediates executive function difficulties in very preterm children in middle childhood. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *17*(3), 445-454. <https://doi.org/10.1017/S1355617711000373>
- Muller, J. B., & Marret, S. (2023). Editorial : Preterm follow-up: the progression of neonatal

- care. *Frontiers in Pediatrics*, *11*, 1265235.
<https://doi.org/10.3389/fped.2023.1265235>
- Muller, J.-B., Hanf, M., Flamant, C., Olivier, M., Rouger, V., Gascoin, G., Basset, H., Rozé, J.-C., & Nusinovici, S. (2019). Relative contributions of prenatal complications, perinatal characteristics, neonatal morbidities and socio-economic conditions of preterm infants on the occurrence of developmental disorders up to 7 years of age. *International Journal of Epidemiology*, *48*(1), 71-82.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyy240>
- Murat, F. (2009). Le retard scolaire en fonction du milieu parental : L'influence des compétences des parents. *Economie et Statistique*, *424*(1), 103-124.
<https://doi.org/10.3406/estat.2009.8033>
- Mussar, R., Sénéchal, M., & Rey, V. (2020). The Development of Morphological Knowledge and Spelling in French. *Frontiers in Psychology*, *11*.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.00146>
- Muter, V., Hulme, C., Snowling, M. J., & Stevenson, J. (2004). Phonemes, rimes, vocabulary, and grammatical skills as foundations of early reading development : Evidence from a longitudinal study. *Developmental Psychology*, *40*(5), 665-681.
<https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.5.665>
- Nascimento, M. B. R. do, & Issler, H. (2003). Breastfeeding : Making the difference in the development, health and nutrition of term and preterm newborns. *Revista Do Hospital Das Clínicas*, *58*, 49-60. <https://doi.org/10.1590/S0041-87812003000100010>
- Nelson, T. D., Nelson, J. M., James, T. D., Clark, C. A. C., Kidwell, K. M., & Espy, K. A. (2017). Executive control goes to school : Implications of preschool executive performance for observed elementary classroom learning engagement. *Developmental Psychology*, *53*, 836-844. <https://doi.org/10.1037/dev0000296>
- Nettelbeck, T., & Burns, N. R. (2010). Processing speed, working memory and reasoning ability from childhood to old age. *Personality and Individual Differences*, *48*(4),

379-384. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2009.10.032>

- Nguyen, C. T. T., Sandhi, A., Lee, G. T., Nguyen, L. T. K., & Kuo, S.-Y. (2023). Prevalence of and factors associated with postnatal depression and anxiety among parents of preterm infants : A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 322, 235-248. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.11.015>
- Nieuwenhuis, J., & Hooimeijer, P. (2016). The association between neighbourhoods and educational achievement, a systematic review and meta-analysis. *Journal of Housing and the Built Environment*, 31(2), 321-347. <https://doi.org/10.1007/s10901-015-9460-7>
- Noël, M.-P. (2020). Les troubles du calcul et du traitement du nombre. In S. Majerus, I. Jambaqué, L. Mottron, M. Van der Linden, & M. Poncelet, *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (Deboeck Supérieur, p. 93-123). De Boeck Supérieur.
- Noël, M.-P., & Grégoire, J. (2015). *TEDI-MATH GRANDS - Test diagnostique des compétences de base en mathématiques*. Pearson Clinical & Talent Assessment. <https://www.pearsonclinical.fr/tedi-math-grands-test-diagnostique-des-competences-de-base-en-mathematiques-pour-les-enfants-du-ce2-a-la-5eme-1>
- Nordhov, S. M., Rønning, J. A., Dahl, L. B., Ulvund, S. E., Tunby, J., & Kaaresen, P. I. (2010). Early intervention improves cognitive outcomes for preterm infants : Randomized controlled trial. *Pediatrics*, 126(5), e1088-e1094. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-0778>
- Norton, E. C., Dowd, B. E., & Maciejewski, M. L. (2018). Odds Ratios—Current best practice and use. *JAMA*, 320(1), 84. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.6971>
- Nusinovici, S., Olliac, B., Flamant, C., Müller, J.-B., Olivier, M., Rouger, V., Gascoin, G., Basset, H., Bouvard, C., Rozé, J.-C., & Hanf, M. (2017). Impact of preterm birth on parental separation : A French population-based longitudinal study. *BMJ Open*, 7(11), e017845. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-017845>
- Ober, T. M., Brooks, P. J., Homer, B. D., & Rindskopf, D. (2020). Executive functions and

- decoding in children and adolescents : A meta-analytic investigation. *Educational Psychology Review*, 32(3), 735-763. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09526-0>
- Offord, D. R., Boyle, M. H., Racine, Y., Szatmari, P., Fleming, J. E., Sanford, M., & Lipman, E. L. (1996). Integrating assessment data from multiple informants. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 35(8), 1078-1085. <https://doi.org/10.1097/00004583-199608000-00019>
- O’Meagher, S., Norris, K., Kemp, N., & Anderson, P. J. (2019). Examining the relationship between performance-based and questionnaire assessments of executive function in young preterm children : Implications for clinical practice. *Child Neuropsychology*, 25(7), 899-913. <https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1531981>
- O’Meagher, S., Norris, K., Kemp, N., & Anderson, P. J. (2020). Parent and teacher reporting of executive function and behavioral difficulties in preterm and term children at kindergarten. *Applied Neuropsychology: Child*, 9(2), 153-164. <https://doi.org/10.1080/21622965.2018.1550404>
- Orchinik, L. J., Taylor, H. G., Espy, K. A., Minich, N., Klein, N., Sheffield, T., & Hack, M. (2011). Cognitive outcomes for extremely preterm/extremely low birth weight children in kindergarten. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(6), 1067-1079. <https://doi.org/10.1017/S135561771100107X>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2015). *WHO recommendations on interventions to improve preterm birth outcomes*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/183037>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2022). *WHO recommendations for care of the preterm or low-birth-weight infant*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/183037>
- Organisation Mondiale de la Santé. (2019). *ICD-10 Version:2019*. WHO. <https://icd.who.int/browse10/2019/en#/P05.0>
- Pacton, S., & Afonso-Jaco, A. (2015). Comment les enfants apprennent-ils l’orthographe

- des mots ? *Revue française de linguistique appliquée*, XX(2), 51-61.
<https://doi.org/10.3917/rfla.202.0051>
- Pacton, S., Foulon, J.-N., & Fayol, M. (2005). L'apprentissage de l'orthographe lexicale. *Rééducation Orthophonique*, 222, 47-68.
- Pacton, S., & Perruchet, P. (2018). Apprendre sans intention d'apprendre. In L. Ferrand, B. Lété, & C. Thevenot, *Psychologie cognitive des apprentissages scolaires* (Dunod, p. 307-318). Dunod. <https://www.cairn.info/psychologie-cognitive-des-apprentissages-scolaires--9782100775569-p-307.htm>
- Papadopoulos, T. C., Spanoudis, G. C., & Chatzoudi, D. (2020). A longitudinal investigation of the double dissociation between reading and spelling deficits : The role of linguistic and executive function skills. *Reading and Writing*, 33(4), 1075-1104.
<https://doi.org/10.1007/s11145-020-10029-1>
- Pascal, A., Govaert, P., Oostra, A., Naulaers, G., Ortibus, E., & Broeck, C. V. den. (2018). Neurodevelopmental outcome in very preterm and very-low-birthweight infants born over the past decade : A meta-analytic review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 60(4), 342-355. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13675>
- Pascoe, L., Spencer-Smith, M., Giallo, R., Seal, M. L., Georgiou-Karistianis, N., Nosarti, C., Josev, E. K., Roberts, G., Doyle, L. W., Thompson, D. K., & Anderson, P. J. (2018). Intrinsic motivation and academic performance in school-age children born extremely preterm : The contribution of working memory. *Learning and Individual Differences*, 64, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.04.005>
- Peduzzi, P., Concato, J., Kemper, E., Holford, T. R., & Feinstein, A. R. (1996). A simulation study of the number of events per variable in logistic regression analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49(12), 1373-1379. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(96\)00236-3](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(96)00236-3)
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., Dardick, W., & Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(1), 48-76. <https://doi.org/10.1037/bul0000124>

- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology, 108*(4), 455-473. <https://doi.org/10.1037/edu0000079>
- Pereira, I. (2017). Les paradoxes de la norme scolaire. *Le Journal des psychologues, 344*, 28-33. <https://doi.org/10.3917/jdp.344.0028>
- Pérez, M. (2014). Proposition de hiérarchisation des 45 graphèmes de base de l'orthographe du français. *SHS Web of Conferences, 8*, 1125-1140. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20140801178>
- Philpott-Robinson, K., Lane, S. J., Korostenski, L., & Lane, A. E. (2017). The impact of the neonatal intensive care unit on sensory and developmental outcomes in infants born preterm: A scoping review. *British Journal of Occupational Therapy, 80*(8), 459-469. <https://doi.org/10.1177/0308022617709761>
- Pierrat, V., Marchand-Martin, L., Arnaud, C., Kaminski, M., Resche-Rigon, M., Lebeaux, C., Bodeau-Livinec, F., Morgan, A. S., Goffinet, F., Marret, S., Ancel, P.-Y., & Group, and the E.-2 writing. (2017). Neurodevelopmental outcome at 2 years for preterm children born at 22 to 34 weeks' gestation in France in 2011: EPIPAGE-2 cohort study. *BMJ, 358*. <https://doi.org/10.1136/bmj.j3448>
- Pierrat, V., Marchand-Martin, L., Marret, S., Arnaud, C., Benhammou, V., Cambonie, G., Debillon, T., Dufourg, M.-N., Gire, C., Goffinet, F., Kaminski, M., Lapillonne, A., Morgan, A. S., Rozé, J.-C., Twilhaar, S., Charles, M.-A., & Ancel, P.-Y. (2021). Neurodevelopmental outcomes at age 5 among children born preterm: EPIPAGE-2 cohort study. *BMJ, 373*, n741. <https://doi.org/10.1136/bmj.n741>
- Pierson, C., Waite, E., & Pyykkonen, B. (2016). A meta-analysis of the neuropsychological effects of chemotherapy in the treatment of childhood cancer. *Pediatric Blood & Cancer, 63*(11), 1998-2003. <https://doi.org/10.1002/pbc.26117>
- Pillai Riddell, R., Bucsea, O., Shiff, I., Chow, C., Gennis, H. G., Badovinac, S., DiLorenzo-Klas, M., Racine, N. M., Kohut, S. A., Lisi, D., Turcotte, K., Stevens, B., & Uman,

- L. S. (2023). Non-pharmacological management of infant and young child procedural pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 6. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006275.pub4>
- Pope, C. N., Ross, L. A., & Stavrinos, D. (2016). Association between Executive Function and Problematic Adolescent Driving. *Journal of developmental and behavioral pediatrics : JDBP*, 37(9), 702-711. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000353>
- Posit team. (2022). *RStudio : Integrated Development Environment for R*. Posit Software, PBC. <http://www.posit.co/>
- Potocki, A., Bouchafa, H., Magnan, A., & Ecalle, J. (2014). Évaluation de la compréhension écrite de récits chez l'enfant de 7 à 10ans : Vers des profils de compreneurs. *European Review of Applied Psychology*, 64(5), 229-239. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2014.08.001>
- Pritchard, V. E., & Woodward, L. J. (2011). Preschool executive control on the shape school task : Measurement considerations and utility. *Psychological Assessment*, 23(1), 31-43. <https://doi.org/10.1037/a0021095>
- Prokofieva, V., & Herold, J.-F. (2020). Facteurs émotionnels et motivationnels dans les processus d'enseignement-apprentissage. In *Le processus d'enseignement-apprentissage* (p. 137-153). L'Harmattan. <https://doi.org/10.3917/har.chato.2020.01.0137>
- Proust, J. (2020). *La métacognition—Les enjeux pédagogiques de la recherche*. Conseil Scientifique de l'Éducation Nationale. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/Brochure_Finale_Metacognition_GT5_compressed.pdf
- Purpura, D. J., Schmitt, S. A., & Ganley, C. M. (2017). Foundations of mathematics and literacy : The role of executive functioning components. *Journal of Experimental Child Psychology*, 153, 15-34. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2016.08.010>
- R Core Team. (2020). *R: The R project for statistical computing* (4.1.0) [R; MacOS].

<https://www.r-project.org/>

- Reijneveld, S. A., Hornman, J., Boelema, S. R., & de Winter, A. F. (2021). Stability of executive functioning of moderately-late preterm and full-term born children at ages 11 and 19 : The trails cohort study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4161. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084161>
- Réveillon, M., Hüppi, P. S., & Barisnikov, K. (2018). Inhibition difficulties in preterm children : Developmental delay or persistent deficit? *Child Neuropsychology*, 24(6), 734-762. <https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1294665>
- Reyes, L. M., Jaekel, J., Heuser, K. M., & Wolke, D. (2019). Developmental cascades of social inhibition and friendships in preterm and full-term children. *Infant and Child Development*, 28(6), e2165. <https://doi.org/10.1002/icd.2165>
- Rickards, A. L., Kelly, E. A., Doyle, L. W., & Callanan, C. (2001). Cognition, Academic Progress, Behavior and Self-Concept at 14 Years of Very Low Birth Weight Children. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 22(1), 11-18.
- Ritter, B. C., Nelle, M., Perrig, W., Steinlin, M., & Everts, R. (2013). Executive functions of children born very preterm—Deficit or delay? *European Journal of Pediatrics*, 172(4), 473-483. <https://doi.org/10.1007/s00431-012-1906-2>
- Ritter, B. C., Perrig, W., Steinlin, M., & Everts, R. (2014). Cognitive and behavioral aspects of executive functions in children born very preterm. *Child Neuropsychology*, 20(2), 129-144. <https://doi.org/10.1080/09297049.2013.773968>
- Roberts, G., Lim, J., Doyle, L. W., & Anderson, P. J. (2011). High rates of school readiness difficulties at 5 years of age in very preterm infants compared with term controls. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 32(2), 117-124. <https://doi.org/10.1097/DBP.0b013e318206d5c9>
- Roche, J., Câmara-Costa, H., Roulin, J.-L., Chevignard, M., Frappaz, D., Guichardet, K., Benkhaled, O., Kerrouche, B., Prodhomme, J., Kieffer-Renaux, V., Le Gall, D., Fournet, N., & Roy, A. (2020). Assessment of everyday executive functioning using

- the BRIEF in children and adolescents treated for brain tumor. *Brain Injury*, 34(4), 583-590. <https://doi.org/10.1080/02699052.2020.1725982>
- Rodrigues, M. C. C. de, Mello, R. R., & Fonseca, S. C. (2006). Learning difficulties in schoolchildren born with very low birth weight. *Jornal de Pediatria*, 82(1), 6-14. <https://doi.org/10.1590/S0021-75572006000100004>
- Roivainen, E. (2011). Gender differences in processing speed : A review of recent research. *Learning and Individual Differences*, 21(2), 145-149. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.11.021>
- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning : Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12(4), 190-201. https://doi.org/10.1207/s15324826an1204_2
- Ropars, S., Tessier, R., Charpak, N., & Uriza, L. F. (2018). The long-term effects of the kangaroo mother care intervention on cognitive functioning : Results from a longitudinal study. *Developmental Neuropsychology*, 43(1), 82-91. <https://doi.org/10.1080/87565641.2017.1422507>
- Rose, S. A., Feldman, J. F., & Jankowski, J. J. (2011). Modeling a cascade of effects : The role of speed and executive functioning in preterm/full-term differences in academic achievement. *Developmental Science*, 14(5), 1161-1175. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2011.01068.x>
- Rossi, S., Lubin, A., Lanoë, C., Sourbets, C., & Potdevin, T. (2017). *Découvrir le cerveau à l'école : Les sciences cognitives au service des apprentissages tous domaines cycle I*. Canopé éditions.
- Rossi, S., Vidal, J., Letang, M., Houdé, O., & Borst, G. (2019). Adolescents and adults need inhibitory control to compare fractions. *Journal of Numerical Cognition*, 5(3), 314-336. <https://doi.org/10.5964/jnc.v5i3.197>
- Roué, J.-M., Kuhn, P., Maestro, M. L., Maastrup, R. A., Mitanchez, D., Westrup, B., & Sizun, J. (2017). Eight principles for patient-centred and family-centred care for

- newborns in the neonatal intensive care unit. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 102(4), F364-F368.
<https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-312180>
- Roukoz, C., Guerra, A., Le Gall, D., Ghazi, M., & Roy, A. (2021). Development of executive functions in Lebanese children. *Developmental Neuropsychology*, 46(2), 121-135.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2021.1897592>
- Rouleau, N., & Reduron, L. (2020). Le trouble déficit de l'attention/hyperactivité. In S. Majerus, I. Jambaqué, L. Mottron, M. Van der Linden, & M. Poncelet, *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (Deboeck Supérieur, p. 242-259).
- Roy, A. (2015a). Approche neuropsychologique des fonctions exécutives de l'enfant : État des lieux et éléments de prospective. *Revue de neuropsychologie, Volume 7*(4), 245-256.
- Roy, A. (2015b). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Des considérations développementales et cliniques à la réalité scolaire. *Dev*, 7, 13-40.
- Roy, A. (2021). L'évaluation des fonctions exécutives. In *Bilan neuropsychologique de l'enfant* (p. 139-168). Mardaga. <https://www.cairn.info/bilan-neuropsychologique-de-l-enfant--9782804709891-p-139.htm>
- Roy, A., Allain, P., Roulin, J.-L., Fournet, N., & Le Gall, D. (2015). Ecological approach of executive functions using the Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome for Children (BADS-C) : Developmental and validity study. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 37(9), 956-971.
<https://doi.org/10.1080/13803395.2015.1072138>
- Roy, A., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J.-L. (2020). Un nouveau dispositif d'évaluation des fonctions exécutives chez l'enfant : La batterie FÉE. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 32-IV(167).
<http://www.anae-revue.com/>
- Roy, A., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J.-L. (Éds.). (2021). *Les fonctions exécutives de*

l'enfant : Approches théoriques et cliniques (364^e éd.). De Boeck supérieur.

- Roy, A., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J.-L. (2013). *BRIEF : Évaluation des Fonctions Exécutives*. Hogrefe Editeur de tests psychologiques. <https://www.hogrefe.fr/produit/brief-inventaire-devaluation-comportementale-des-fonctions-executives/>
- Roy, A., Fournet, N., Roulin, J.-L., & Le Gall, D. (2021). *FÉE : Batterie d'évaluation des Fonctions Exécutives de l'Enfant*. Hogrefe Editeur de tests psychologiques. <https://www.hogrefe.fr/produit/fee-batterie-devaluation-des-fonctions-executives-de-lenfant/>
- Roy, A., Guerra, A., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J.-L. (2021). Une nouvelle batterie d'évaluation des fonctions exécutives destinée aux enfants [FÉE]: Enjeux scientifiques et cliniques. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin (Éds.), *Les fonctions exécutives de l'enfant : Approches théoriques et cliniques* (p. 240-270). De Boeck supérieur.
- Roy, A., Kefi, M.-Z., Bellaj, T., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J.-L. (2016). The stroop test : A developmental study in a french children sample aged 7 to 12 years. *Psychologie Française*, 63(2), 129-143. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2016.08.001>
- Roy, A., & Lancelot, C. (2013). La prise de décision affective chez l'enfant. *Revue de neuropsychologie*, 5(2), 106-118. <https://doi.org/10.1684/nrp.2013.0260>
- Roy, A., Le Gall, D., Roulin, J.-L., & Fournet, N. (2012). Les fonctions exécutives chez l'enfant : Approche épistémologique et sémiologie clinique. *Revue de neuropsychologie*, Volume 4(4), 287-297.
- Roy, A., Lodenos, V., Fournet, N., Le Gall, D., & Roulin, J.-L. (2017). Le syndrome dysexécutif chez l'enfant : Entre avancées scientifiques et questionnements. *ANAE. Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*, 146, 27-38.
- Roy, A., Roulin, J.-L., Fournet, N., Le Gall, D., Krasny-Pacini, A., & Chevignard, M. (2020). Les troubles des fonctions exécutives. In S. Majerus, I. Jambaqué, L. Mottron, M.

- Van der Linden, & M. Poncelet, *Traité de neuropsychologie de l'enfant* (Deboeck Supérieur, p. 219-241).
- Rozé, J.-C., Darmaun, D., Boquien, C.-Y., Flamant, C., Picaud, J.-C., Savagner, C., Claris, O., Lapillonne, A., Mitanchez, D., Branger, B., Simeoni, U., Kaminski, M., & Ancel, P.-Y. (2012). The apparent breastfeeding paradox in very preterm infants : Relationship between breast feeding, early weight gain and neurodevelopment based on results from two cohorts, EPIPAGE and LIFT. *BMJ Open*, 2(2). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-000834>
- Rozé, J.-C., Hartweg, M., Simon, L., Billard, H., Chen, Y., Austin, S., Boscher, C., Moyon, T., Darmaun, D., Garcia Rodenas, C. L., & Boquien, C.-Y. (2022). Human milk oligosaccharides in breast milk and 2-year outcome in preterm infants : An exploratory analysis. *Clinical Nutrition*, 41(9), 1896-1905. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.07.024>
- Sa de Almeida, J., Meskaldji, D.-E., Loukas, S., Lordier, L., Gui, L., Lazeyras, F., & Hüppi, P. S. (2021). Preterm birth leads to impaired rich-club organization and fronto-paralimbic/limbic structural connectivity in newborns. *NeuroImage*, 225, 117440. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117440>
- Saigal, S. (2016). In their own words : Life at adulthood after very premature birth. *Seminars in Perinatology*, 40(8), 578-583. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2016.09.010>
- Saigal, S., Pinelli, J., Hoult, L., Kim, M. M., & Boyle, M. (2003). Psychopathology and social competencies of adolescents who were extremely low birth weight. *Pediatrics*, 111(5), 969-975. <https://doi.org/10.1542/peds.111.5.969>
- Sander, E., Neagoy, M., Rivier, C., Scheibling-Sève, C., Sensevy, G., & Thevenot, C. (2022). *De la multiplication aux fractions : Réconcilier intuition et sens mathématique* (p. 29). Conseil Scientifique de l'Éducation Nationale. https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/CSEN_Synthese_structures-multiplicatives_web.pdf

- Saurel-Cubizolles, M.-J., Marchand-Martin, L., Pierrat, V., Arnaud, C., Burguet, A., Fresson, J., Marret, S., Roze, J.-C., Cambonie, G., Matis, J., Kaminski, M., & Ancel, P.-Y. (2020). Maternal employment and socio-economic status of families raising children born very preterm with motor or cognitive impairments : The EPIPAGE cohort study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 62(10), 1182-1190. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14587>
- Scheibling-Sève, C., Gvozdic, K., Pasquinelli, E., & Sander, E. (2022). Enhancing cognitive flexibility through a training based on multiple categorization : Developing proportional reasoning in primary school. *Journal of Numerical Cognition*, 8(3), 443-472. <https://doi.org/10.5964/jnc.7661>
- Schneider, J., Vasung, L., Truttmann, A. C., & Huppi, P. S. (2014). Lésions cérébrales du prématuré et techniques d'imagerie à visée pronostique du développement neurocognitif. *Revue Medicale Suisse*, 10, 442-449.
- Scott, M. N., Hunter, S. J., Joseph, R. M., O'Shea, T. M., Hooper, S. R., Allred, E. N., Leviton, A., & Kuban, K. (2017). Neurocognitive correlates of attention-deficit hyperactivity disorder symptoms in children born at extremely low gestational age. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics: JDBP*, 38(4), 249-259. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000436>
- Searle, A. K., Smithers, L. G., Chittleborough, C. R., Gregory, T. A., & Lynch, J. W. (2017). Gestational age and school achievement : A population study. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 102(5), F409-F416. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2016-310950>
- Seegmuller, C., & Roy, A. (2018). Le bilan neuropsychologique chez l'enfant : Réflexions sur une pratique. In A. Roy, B. Guillery-Girard, G. Aubin, & C. Mayor (Éds.), *Neuropsychologie de l'enfant : Approches cliniques, modélisations théoriques et méthodes* (DeBoeck supérieur, p. 24-42).
- Sentenac, M., Johnson, S., Charkaluk, M.-L., Sëppänen, A.-V., Aden, U., Cuttini, M., Maier, R., Mannamaa, M., & Zeitlin, J. (2020). Maternal education and language

- development at 2 years corrected age in children born very preterm : Results from a European population-based cohort study. *J Epidemiol Community Health*, 74(4), 346-353. <https://doi.org/10.1136/jech-2019-213564>
- Siegel, L. S. (1993). The development of reading. In H. W. Reese (Éd.), *Advances in Child Development and Behavior* (Vol. 24, p. 63-97). JAI. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)60300-6](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)60300-6)
- Siegler, R. S., & Lortie-Forgues, H. (2014). An integrative theory of numerical development. *Child Development Perspectives*, 8(3), 144-150. <https://doi.org/10.1111/cdep.12077>
- Simms, V., Gilmore, C., Cragg, L., Clayton, S., Marlow, N., & Johnson, S. (2015). Nature and origins of mathematics difficulties in very preterm children : A different etiology than developmental dyscalculia. *Pediatric Research*, 77(2), 389-395. <https://doi.org/10.1038/pr.2014.184>
- Simms, V., Gilmore, C., Cragg, L., Marlow, N., Wolke, D., & Johnson, S. (2013). Mathematics difficulties in extremely preterm children : Evidence of a specific deficit in basic mathematics processing. *Pediatric Research*, 73(2), 236-244. <https://doi.org/10.1038/pr.2012.157>
- Sirin, S. R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement : A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75(3), 417-453. <https://doi.org/10.3102/00346543075003417>
- Sizun, J., Olivard, I., & Ratynski, N. (2017). Une intervention précoce, individualisée et centrée sur la famille : Le programme NIDCAP. *Devenir*, 29(1), 5-15. <https://doi.org/10.3917/dev.171.0005>
- Sølsnes, A. E., Skranes, J., Brubakk, A.-M., & Løhaugen, G. C. C. (2014). Executive functions in very-low-birth-weight young adults : A comparison between self-report and neuropsychological test results. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 20(5), 506-515. <https://doi.org/10.1017/S1355617714000332>
- Soto, E. F., Irwin, L. N., Chan, E. S. M., Spiegel, J. A., & Kofler, M. J. (2021). Executive

- functions and writing skills in children with and without ADHD. *Neuropsychology*, 35(8), 792-808. <https://doi.org/10.1037/neu0000769>
- Spiegel, J. A., Goodrich, J. M., Morris, B. M., Osborne, C. M., & Lonigan, C. J. (2021). Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children : A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 147(4), 329-351. <https://doi.org/10.1037/bul0000322>
- Sprenger-Charolles, L., Desrochers, A., & Gentaz, E. (2018). Apprendre à lire-écrire en français. *Langue Francaise*, 199, 51-67.
- Sriram, S., Schreiber, M. D., Msall, M. E., Kuban, K. C. K., Joseph, R. M., O' Shea, T. M., Allred, E. N., Leviton, A., & for the ELGAN Study Investigators. (2018). Cognitive Development and Quality of Life Associated With BPD in 10-Year-Olds Born Preterm. *Pediatrics*, 141(6), e20172719. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-2719>
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school : Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-759. <https://doi.org/10.1080/17470210500162854>
- St-Amand, P. (2006). *Attention, planification exécutive et problèmes d'apprentissage chez une population d'enfants nés très prématurés*. Université de LAVAL.
- Sucksdorff, M., Lehtonen, L., Chudal, R., Suominen, A., Joelsson, P., Gissler, M., & Sourander, A. (2015). Preterm birth and poor fetal growth as risk factors of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics*, 136(3), e599-e608. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-1043>
- Sullivan, M. C., Miller, R. J., & Msall, M. E. (2012). 17-year outcome of preterm infants with diverse neonatal morbidities : Part 2, impact on activities and participation. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*, 17(4), 275-287. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6155.2012.00339.x>
- Swanson, H. L., Zheng, X., & Jerman, O. (2009). Working memory, short-term memory,

- and reading disabilities : A selective meta-analysis of the literature. *Journal of Learning Disabilities*, 42(3), 260-287. <https://doi.org/10.1177/0022219409331958>
- Tabibi, Z., Borzabadi, H. H., Stavrinou, D., & Mashhadi, A. (2015). Predicting aberrant driving behaviour : The role of executive function. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 34, 18-28. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.07.015>
- Tan, H., Blasco, P., Lewis, T., Ostmo, S., Chiang, M. F., & Campbell, J. P. (2021). Neurodevelopmental outcomes in preterm infants with retinopathy of prematurity. *Survey of Ophthalmology*, 66(5), 877-891. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2021.02.012>
- Tanaka, K., Kon, N., Ohkawa, N., Yoshikawa, N., & Shimizu, T. (2009). Does breastfeeding in the neonatal period influence the cognitive function of very-low-birth-weight infants at 5 years of age? *Brain and Development*, 31(4), 288-293. <https://doi.org/10.1016/j.braindev.2008.05.011>
- Tarchi, C., Ruffini, C., & Pecini, C. (2021). The contribution of executive functions when reading multiple texts : A systematic literature review. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.716463>
- Tatsuoka, C., McGowan, B., Yamada, T., Espy, K. A., Minich, N., & Taylor, H. G. (2016). Effects of extreme prematurity on numerical skills and executive function in kindergarten children : An application of partially ordered classification modeling. *Learning and Individual Differences*, 49, 332-340. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.05.002>
- Taylor, H. G., Burant, C. J., Holding, P. A., Klein, N., & Hack, M. (2002). Sources of variability in sequelae of very low birth weight. *Child Neuropsychology*, 8(3), 163-178. <https://doi.org/10.1076/chin.8.3.163.13500>
- Taylor, H. G., & Clark, C. A. C. (2016). Executive function in children born preterm : Risk factors and implications for outcome. *Seminars in Perinatology*, 40(8), 520-529. <https://doi.org/10.1053/j.semperi.2016.09.004>

- Taylor, H. G., Espy, K. A., & Anderson, P. J. (2009). Mathematics deficiencies in children with very low birth weight or very preterm birth. *Developmental Disabilities Research Reviews, 15*(1), 52-59. <https://doi.org/10.1002/ddrr.51>
- Taylor, H. G., Klein, N., Drotar, D., Schluchter, M., & Hack, M. (2006). Consequences and risks of < 1000-g birth weight for neuropsychological skills, achievement, and adaptive functioning. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics, 27*(6), 459-469. <https://doi.org/10.1097/00004703-200612000-00002>
- Taylor, H. G., Klein, N., Espy, K. A., Schluchter, M., Minich, N., Stilp, R., & Hack, M. (2018). Effects of extreme prematurity and kindergarten neuropsychological skills on early academic progress. *Neuropsychology, 32*(7), 809-821. <https://doi.org/10.1037/neu0000434>
- Taylor, H. G., Klein, N., Minich, N. M., & Hack, M. (2000). Middle-school-age outcomes in children with very low birthweight. *Child Development, 71*(6), 1495-1511. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00242>
- Taylor, H. G., Orchinik, L., Fristad, M. A., Minich, N., Klein, N., Espy, K. A., Schluchter, M., & Hack, M. (2019). Associations of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) at school entry with early academic progress in children born prematurely and full-term controls. *Learning and Individual Differences, 69*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.10.008>
- Thompson, D. K., Chen, J., Beare, R., Adamson, C. L., Ellis, R., Ahmadzai, Z. M., Kelly, C. E., Lee, K. J., Zalesky, A., Yang, J. Y. M., Hunt, R. W., Cheong, J. L. Y., Inder, T. E., Doyle, L. W., Seal, M. L., & Anderson, P. J. (2016). Structural connectivity relates to perinatal factors and functional impairment at 7years in children born very preterm. *NeuroImage, 134*, 328-337. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.03.070>
- Thompson, J. M. D., Irgens, L. M., Rasmussen, S., & Daltveit, A. K. (2006). Secular trends in socio-economic status and the implications for preterm birth. *Paediatric and Perinatal Epidemiology, 20*(3), 182-187. <https://doi.org/10.1111/j.1365->

3016.2006.00711.x

- Thorell, L. B., & Nyberg, L. (2008). The childhood executive functioning inventory (CHEXI): A new rating instrument for parents and teachers. *Developmental Neuropsychology*, 33(4), 536-552. <https://doi.org/10.1080/87565640802101516>
- Toplak, M. E., Bucciarelli, S. M., Jain, U., & Tannock, R. (2008). Executive functions : Performance-based measures and the behavior rating inventory of executive function (BRIEF) in adolescents with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Child Neuropsychology*, 15(1), 53-72. <https://doi.org/10.1080/09297040802070929>
- Toplak, M. E., West, R. F., & Stanovich, K. E. (2013). Practitioner review : Do performance-based measures and ratings of executive function assess the same construct? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 54(2), 131-143. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12001>
- Torchin, H., & Ancel, P.-Y. (2016). Épidémiologie et facteurs de risque de la prématurité. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*, 45(10), 1213-1230. <https://doi.org/10.1016/j.jgyn.2016.09.013>
- Tosello, B., Méziane, S., Resseguier, N., Marret, S., Cambonie, G., Zahed, M., Brévaut-Malaty, V., Beltran Anzola, A., Gire, C., & for the GPQoL-Study Group. (2021). The neurobehavioral phenotype of school-aged, very prematurely born children with no serious neurological sequelae : A quality of life predictor. *Children*, 8(11), 943. <https://doi.org/10.3390/children8110943>
- Treiman, R., & Bourassa, D. C. (2000). The Development of Spelling Skill. *Topics in Language Disorders*, 20(3), 1-18. <https://doi.org/10.1097/00011363-200020030-00004>
- Tunmer, W. E., & Chapman, J. W. (2012). The simple view of reading redux : Vocabulary knowledge and the independent components hypothesis. *Journal of Learning Disabilities*, 45(5), 453-466. <https://doi.org/10.1177/0022219411432685>
- Twilhaar, E. S., de Kieviet, J. F., Aarnoudse-Moens, C. S., Elburg, R. M. van, & Oosterlaan,

- J. (2018). Academic performance of children born preterm : A meta-analysis and meta-regression. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 103(4), F322-F330. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2017-312916>
- Twilhaar, E. S., de Kieviet, J. F., Van Elburg, R. M., & Oosterlaan, J. (2020). Neurocognitive processes underlying academic difficulties in very preterm born adolescents. *Child Neuropsychology*, 26(2), 274-287. <https://doi.org/10.1080/09297049.2019.1639652>
- Twilhaar, E. S., Wade, R. M., de Kieviet, J. F., van Goudoever, J. B., van Elburg, R. M., & Oosterlaan, J. (2018). Cognitive outcomes of children born extremely or very preterm since the 1990s and associated risk factors : A meta-analysis and meta-regression. *JAMA Pediatrics*, 172(4), 361-367. <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2017.5323>
- van der Pal, S. M., Steinhof, M., Grevinga, M., Wolke, D., & Verrips, G. (Erik). (2020). Quality of life of adults born very preterm or very low birth weight : A systematic review. *Acta Paediatrica*, 00, 15. <https://doi.org/10.1111/apa.15249>
- Van Hus, J. W. P., Jeukens-Visser, M., Koldewijn, K., Geldof, C. J. A., Kok, J. H., Nollet, F., & Van Wassenaer-Leemhuis, A. G. (2013). Sustained developmental effects of the infant behavioral assessment and intervention program in very low birth weight infants at 5.5 years corrected age. *The Journal of Pediatrics*, 162(6), 1112-1119. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2012.11.078>
- Vanes, L. D., Hadaya, L., Kanel, D., Falconer, S., Ball, G., Batalle, D., Counsell, S. J., Edwards, A. D., & Nosarti, C. (2021). Associations between neonatal brain structure, the home environment, and childhood outcomes following very preterm birth. *Biological Psychiatry Global Open Science*, 1(2), 146-155. <https://doi.org/10.1016/j.bpsgos.2021.05.002>
- van Hoorn, J. F., Schoemaker, M. M., Stuive, I., Dijkstra, P. U., Rodrigues Trigo Pereira, F., van der Sluis, C. K., & Hadders-Algra, M. (2021). Risk factors in early life for developmental coordination disorder : A scoping review. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 63(5), 511-519. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14781>

- van Houdt, C. A., Oosterlaan, J., Wassenaer-Leemhuis, A. G. van, Kaam, A. H. van, & Aarnoudse-Moens, C. S. H. (2019). Executive function deficits in children born preterm or at low birthweight : A meta-analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *61*(9), 1015-1024. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14213>
- van Houdt, C. A., van Wassenaer-Leemhuis, A. G., Oosterlaan, J., van Kaam, A. H., & Aarnoudse-Moens, C. S. H. (2019). Developmental outcomes of very preterm children with high parental education level. *Early Human Development*, *133*, 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2019.04.010>
- van Nieuwenhoven, C., Grégoire, J., & Noël, M.-P. (2001). *TEDI-MATH - Test diagnostique des compétences de base en mathématiques*. Pearson Clinical & Talent Assessment. <https://www.pearsonclinical.fr/tedi-math-test-diagnostique-des-competences-de-base-en-mathematiques>
- van Noort-van der Spek, I. L., Franken, M.-C. J. P., & Weisglas-Kuperus, N. (2012). Language functions in preterm-born children : A systematic review and meta-analysis. *Pediatrics*, *129*(4), 745-754. <https://doi.org/10.1542/peds.2011-1728>
- van Smeden, M., De Groot, J. A. H., Moons, K. G. M., Collins, G. S., Altman, D. G., Eijkemans, M. J. C., & Reitsma, J. B. (2016). No rationale for 1 variable per 10 events criterion for binary logistic regression analysis. *BMC Medical Research Methodology*, *16*(1), 163. <https://doi.org/10.1186/s12874-016-0267-3>
- Verdine, B. N., Irwin, C. M., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. *Journal of Experimental Child Psychology*, *126*, 37-51. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2014.02.012>
- Vergnaud, G. (1991). Langage et pensée dans l'apprentissage des mathématiques. *Revue française de pédagogie*, *96*, 79-86.
- Verhoeven, L., & van Leeuwe, J. (2008). Prediction of the development of reading comprehension : A longitudinal study. *Applied Cognitive Psychology*, *22*(3), 407-423. <https://doi.org/10.1002/acp.1414>

- Verkerk, G., Jeukens-Visser, M., Houtzager, B., Koldewijn, K., van Wassenaer, A., Nollet, F., & Kok, J. (2012). The infant behavioral assessment and intervention program in very low birth weight infants; Outcome on executive functioning, behaviour and cognition at preschool age. *Early Human Development*, *88*(8), 699-705. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2012.02.004>
- Verkerk, G., Jeukens-Visser, M., Houtzager, B., Wassenaer-Leemhuis, A. van, Koldewijn, K., Nollet, F., & Kok, J. (2016). Attention in 3-year-old children with VLBW and relationships with early school outcomes. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*, *36*(1), 59-72. <https://doi.org/10.3109/01942638.2015.1012319>
- Voigt, B., Pietz, J., Pauen, S., Kliegel, M., & Reuner, G. (2012). Cognitive development in very vs. moderately to late preterm and full-term children : Can effortful control account for group differences in toddlerhood? *Early Human Development*, *88*(5), 307-313. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2011.09.001>
- Vollmer, B., Lundequist, A., Mårtensson, G., Nagy, Z., Lagercrantz, H., Smedler, A.-C., & Forsberg, H. (2017). Correlation between white matter microstructure and executive functions suggests early developmental influence on long fibre tracts in preterm born adolescents. *PLOS ONE*, *12*(6), e0178893. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178893>
- Wachman, E. M., & Lahav, A. (2011). The effects of noise on preterm infants in the NICU. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, *96*(4), F305-F309. <https://doi.org/10.1136/adc.2009.182014>
- Walshe, E. A., Ward McIntosh, C., Romer, D., & Winston, F. K. (2017). Executive function capacities, negative driving behavior and crashes in young drivers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *14*(11), 1314. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111314>
- Wechsler, D. (2016). *WISC-V - Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents—5ème édition—Adaptation française ECPA*. Pearson Clinical & Talent Assessment. <https://www.pearsonclinical.fr/wisc-v>

- Wehrle, F. M., Kaufmann, L., Benz, L. D., Huber, R., O’Gorman, R. L., Latal, B., & Hagmann, C. F. (2016). Very preterm adolescents show impaired performance with increasing demands in executive function tasks. *Early Human Development*, *92*, 37-43. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.10.021>
- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A. C., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, *108*(3), 436-452. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.08.008>
- Wolke, D. (2019). Is social inequality in cognitive outcomes increased by preterm birth-related complications? *JAMA Network Open*, *2*(5), e192902-e192902. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.2902>
- Wolke, D., Rizzo, P., & Woods, S. (2002). Persistent infant crying and hyperactivity problems in middle childhood. *Pediatrics*, *109*(6), 1054-1060. <https://doi.org/10.1542/peds.109.6.1054>
- Wolke, D., Strauss, V. Y.-C., Johnson, S., Gilmore, C., Marlow, N., & Jaekel, J. (2015). Universal gestational age effects on cognitive and basic mathematic processing : 2 cohorts in 2 countries. *The Journal of Pediatrics*, *166*(6), 1410-1446. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.02.065>
- Wong, H. S., & Edwards, P. (2013). Nature or nurture : A systematic review of the effect of socio-economic status on the developmental and cognitive outcomes of children born preterm. *Maternal and Child Health Journal*, *17*(9), 1689-1700. <https://doi.org/10.1007/s10995-012-1183-8>
- Wong, T., Taylor, H. G., Klein, N., Espy, K. A., Anselmo, M. G., Minich, N., & Hack, M. (2014). Kindergarten classroom functioning of extremely preterm/extremely low birth weight children. *Early Human Development*, *90*(12), 907-914. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2014.09.011>
- Woodward, L. J., Lu, Z., Morris, A. R., & Healey, D. M. (2016). Preschool self regulation predicts later mental health and educational achievement in very preterm and typically developing children. *The Clinical Neuropsychologist*, *31*(2), 404-422.

<https://doi.org/10.1080/13854046.2016.1251614>

- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts math and reading performance in children : A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.10.004>
- Yew, E. H. J., Chng, E., & Schmidt, H. G. (2011). Is learning in problem-based learning cumulative? *Advances in Health Sciences Education*, 16(4), 449-464. <https://doi.org/10.1007/s10459-010-9267-y>
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence : Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4), 354-360. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2020). The neurodevelopment of executive function skills : Implications for academic achievement gaps. *Psychology & Neuroscience*, 13(3), 273. <https://doi.org/10.1037/pne0000208>
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Éd.), *Handbook of Childhood Cognitive Development* (Blackwell, p. 445-469). John Wiley & Sons, Ltd. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9780470996652.ch20>
- Zhu, J. L., Olsen, J., & Olesen, A. W. (2012). Risk for developmental coordination disorder correlates with gestational age at birth. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, 26(6), 572-577. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3016.2012.01316.x>
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement : An overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2
- Zimmerman, E. (2018). Do infants born very premature and who have very low birth weight catch up with their full term peers in their language abilities by early school age? *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 61(1), 53-65. https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-L-16-0150

ANNEXES

Annexe 1 – Contenu du LSU

		Cycle 2 (CP-CE1-CE2)	Cycle 3 (CM1-CM2)
Français	Langage oral	<p>Écouter pour comprendre des messages oraux ou des textes lus par un adulte</p> <p>Dire pour être entendu et compris</p> <p>Participer à des échanges dans des situations diversifiées</p> <p>Adopter une attitude critique par rapport au langage produit</p>	<p>Écouter pour comprendre un message oral, un propos, un discours, un texte lu</p> <p>Parler en prenant en compte son auditoire</p> <p>Participer à des échanges dans des situations diversifiées</p> <p>Adopter une attitude critique par rapport au langage produit</p>
	Lecture et compréhension de l'écrit	<p>Identifier des mots</p> <p>Comprendre un texte</p> <p>Pratiquer différentes formes de lecture</p> <p>Lire à voix haute</p> <p>Contrôler sa compréhension</p>	<p>Lire avec fluidité</p> <p>Comprendre un texte littéraire et l'interpréter</p> <p>Comprendre des textes, des documents et des images et les interpréter</p> <p>Contrôler sa compréhension, être un lecteur autonome</p>
	Écriture	<p>Copier de manière experte</p> <p>Produire des écrits</p> <p>Réviser et améliorer l'écrit qu'on a produit</p>	<p>Écrire à la main de manière fluide et efficace</p> <p>Écrire avec un clavier rapidement et efficacement</p> <p>Recourir à l'écriture pour réfléchir et pour apprendre</p> <p>Produire des écrits variés</p> <p>Réécrire à partir de nouvelles consignes ou faire évoluer son texte</p> <p>Prendre en compte les normes de l'écrit pour formuler, transcrire et réviser</p>
	Étude de la langue (grammaire, orthographe, lexique)	<p>Maîtriser les relations entre l'oral et l'écrit</p> <p>Mémoriser et se remémorer l'orthographe de mots fréquents et de mots irréguliers dont le sens est connu</p> <p>Identifier les principaux éléments d'une phrase simple</p> <p>Raisonnement pour résoudre des problèmes orthographiques, d'accord essentiellement</p> <p>Comprendre comment se forment les verbes et orthographier les formes verbales les plus fréquentes</p> <p>Identifier des relations entre les mots, entre les mots et leur contexte d'utilisation ; s'en servir pour mieux comprendre</p> <p>Enrichir son répertoire de mots, les mémoriser et les réutiliser</p>	<p>Maîtriser les relations entre l'oral et l'écrit</p> <p>Acquérir la structure, le sens et l'orthographe des mots</p> <p>Maîtriser la forme des mots en lien avec la syntaxe</p> <p>Observer le fonctionnement du verbe et l'orthographe</p> <p>Identifier les éléments d'une phrase simple en relation avec son sens ; distinguer phrase simple et phrase complexe</p>
Mathématiques	Nombres et calcul	<p>Comprendre et utiliser des nombres entiers pour dénombrer, ordonner, repérer, comparer</p> <p>Nommer, lire, écrire, représenter des nombres entiers</p> <p>Résoudre des problèmes en utilisant des nombres entiers et le calcul</p> <p>Calculer avec des nombres entiers</p>	<p>Utiliser et représenter les grands nombres entiers, des fractions simples, les nombres décimaux</p> <p>Calculer avec des nombres entiers et des nombres décimaux</p> <p>Résoudre des problèmes en utilisant des fractions simples, les nombres décimaux et le calcul</p>
	Espace et géométrie	<p>(Se) repérer et (se) déplacer en utilisant des repères et des représentations</p> <p>Reconnaître, nommer, décrire, reproduire quelques solides</p> <p>Reconnaître, nommer, décrire, reproduire, construire quelques figures géométriques</p> <p>Reconnaître et utiliser les notions d'alignement, d'angle droit, d'égalité de longueurs, de milieu, de symétrie</p>	<p>(Se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations</p> <p>Reconnaître, nommer, décrire, reproduire, représenter, construire des figures et solides</p> <p>Reconnaître et utiliser quelques relations géométriques / (notions d'alignement, d'appartenance, de perpendicularité, de parallélisme, d'égalité de longueurs, d'égalité d'angle, de distance entre deux points, de symétrie, d'agrandissement et de réduction)</p>
	Grandeurs et mesures	<p>Comparer, estimer, mesurer des longueurs, des masses, des contenances, des durées</p> <p>Utiliser le lexique, les unités, les instruments de mesures spécifiques de ces grandeurs</p> <p>Résoudre des problèmes impliquant des longueurs, des masses, des contenances, des durées, des prix</p>	<p>Comparer, estimer, mesurer des grandeurs géométriques avec des nombres entiers et des nombres décimaux : longueur (périmètre), aire, volume, angle</p> <p>Utiliser le lexique, les unités, les instruments de mesures spécifiques de ces grandeurs</p> <p>Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs (géométriques, physiques, économiques) en utilisant des nombres entiers et des nombres décimaux</p> <p>Reconnaître et résoudre des problèmes simples relevant de la proportionnalité</p>

Produire une performance
Activités athlétiques
Courir, sauter, lancer à des intensités et des durées variables : courir vite et courir longtemps / lancer loin et lancer précis / sauter haut et sauter loin
Remplir quelques rôles spécifiques (chronométreur, starter par exemple)
Adapter ses déplacements à des environnements variés
Natation
Activités de roue (vélo, roller, ...)
Activités nautiques
Parcours d'orientation
Parcours d'escalade
Se déplacer dans l'eau sur une quinzaine de mètres sans appui et après un temps d'immersion
Réaliser un parcours en adaptant ses déplacements à un environnement inhabituel dans un espace inhabituel et sécurisé
Respecter les règles de sécurité qui s'appliquent
S'exprimer devant les autres par une prestation artistique et/ou acrobatique
Danse
Activités gymniques
Arts du cirque
Mémoriser et reproduire avec son corps une séquence simple d'actions
Inventer et présenter une séquence simple d'actions
Conduire et maîtriser un affrontement collectif et interindividuel
Jeux traditionnels
Jeux collectifs avec ballon
Jeux de combat
Jeux de raquettes
S'engager dans un affrontement individuel ou collectif en respectant les règles du jeu
Contrôler son engagement moteur et affectif
Connaître le but du jeu
Reconnaître ses partenaires et ses adversaires

Produire une performance
Activités athlétiques
Natation
Combiner une course, un saut, un lancer pour faire une meilleure performance cumulée
Mesurer et quantifier les performances, les enregistrer, les comparer, les classer, les traduire en représentations graphiques
Assumer les rôles de chronométreur et d'observateur
Adapter ses déplacements à des environnements variés
Parcours d'orientation
Savoir nager
Parcours d'escalade
Activités nautiques
Activités de roue (vélo, roller, ...)
Réaliser, seul ou à plusieurs, un parcours dans plusieurs environnements inhabituels
Connaître et respecter les règles de sécurité
Identifier la personne responsable à alerter ou la procédure en cas de problème
Valider l'attestation scolaire du savoir nager (ASSN)
S'exprimer devant les autres par une prestation artistique et acrobatique
Danse
Activités gymniques
Arts du cirque
Réaliser en petits groupes une séquence acrobatique ou à visée artistique
Savoir filmer une prestation pour la revoir et la faire évoluer
Respecter les prestations des autres et accepter de se produire devant les autres
Conduire et maîtriser un affrontement collectif et interindividuel
Jeux traditionnels
Jeux collectifs avec ballon
Jeux de combat
Jeux de raquettes
S'organiser tactiquement pour rechercher le gain du match (ou du combat)
Respecter les partenaires, les adversaires et l'arbitre
Assurer différents rôles sociaux (joueur, arbitre, observateur)
Accepter le résultat de la rencontre

Éducation artistique	Arts plastiques	Expérimenter, produire, créer des productions plastiques de natures diverses Mettre en œuvre un projet artistique individuel ou collectif S'exprimer, analyser sa pratique, celle de ses pairs ; établir une relation avec celle des artistes, s'ouvrir à l'altérité Se repérer dans les domaines liés aux arts plastiques, connaître et comparer quelques œuvres d'art
	Éducation musicale	Chanter une mélodie simple, une comptine ou un chant avec une intonation juste Écouter, comparer des éléments sonores, des musiques Explorer, imaginer des représentations diverses de musiques Échanger, partager ses émotions, exprimer ses préférences

EMC	Être capable d'écoute Accepter les différences Connaître et respecter les règles de vie de la classe et de l'école Identifier les symboles de la République présents dans l'école Mettre en œuvre les règles de la communication dans un débat Prendre des responsabilités dans la classe et dans l'école Savoir coopérer
	Exprimer en les régulant ses émotions et ses sentiments Respecter autrui et accepter les différences Les droits et les devoirs de l'élève, du citoyen Les principes et les valeurs de la République française Adapter son comportement et son attitude à différents contextes et d'obéissance aux règles Argumenter et justifier son point de vue dans un débat ou une discussion sur les valeurs Exposer son point de vue dans un débat en respectant le point de vue des autres La responsabilité face aux usages de l'informatique et d'internet Prendre des responsabilités dans la classe et dans l'école Nuancer son point de vue en tenant compte du point de vue des autres S'engager dans la réalisation d'un projet collectif (projet de classe, d'école, communal, national ...)

Langues vivantes	Comprendre l'oral	[Niveau A1] Comprendre des mots familiers et des expressions très courantes au sujet de soi, de sa famille et de l'environnement concret et immédiat, si les gens parlent lentement et distinctement
	S'exprimer oralement en continu	[Niveau A1] Utiliser des expressions et des phrases simples pour se décrire, décrire le lieu d'habitation et les gens de l'entourage
	Prendre part à une conversation	[Niveau A1] Poser des questions simples sur des sujets familiers ou sur ce dont on a immédiatement besoin, ainsi que répondre à de telles questions [Niveau A1] Maîtriser quelques structures syntaxiques et formes grammaticales simples appartenant à un répertoire mémorisé [Niveau A1] La prononciation d'un répertoire très limité d'expressions et de mots mémorisés est compréhensible avec quelque effort pour un locuteur natif
	Découvrir quelques aspects culturels de la langue	[Niveau A1] Identifier quelques grands repères culturels de l'environnement quotidien des élèves du même âge dans les pays ou régions étudiés

Arts plastiques	Expérimenter, produire, créer des productions plastiques de natures diverses Mettre en œuvre un projet artistique individuel ou collectif S'exprimer, analyser sa pratique, celle de ses pairs ; établir une relation avec celle des artistes, s'ouvrir à l'altérité Se repérer dans les domaines liés aux arts plastiques, connaître et comparer quelques œuvres d'art
Éducation musicale	Chanter et interpréter une mélodie simple avec une intonation juste et avec expressivité Écouter, comparer et commenter des éléments sonores d'origines diverses Explorer, imaginer et créer des représentations diverses de musiques Échanger, partager et argumenter ses choix et ses préférences
Histoire des arts	Donner un avis argumenté sur ce que représente ou exprime une œuvre d'art Dégager d'une œuvre d'art, par l'observation ou l'écoute, ses principales caractéristiques techniques et formelles Relier des caractéristiques d'une œuvre d'art à des usages ainsi qu'au contexte historique et culturel de sa création Savoir se repérer dans un musée, dans un lieu d'art, un site patrimonial

Exprimer en les régulant ses émotions et ses sentiments Respecter autrui et accepter les différences Les droits et les devoirs de l'élève, du citoyen Les principes et les valeurs de la République française Adapter son comportement et son attitude à différents contextes et d'obéissance aux règles Argumenter et justifier son point de vue dans un débat ou une discussion sur les valeurs Exposer son point de vue dans un débat en respectant le point de vue des autres La responsabilité face aux usages de l'informatique et d'internet Prendre des responsabilités dans la classe et dans l'école Nuancer son point de vue en tenant compte du point de vue des autres S'engager dans la réalisation d'un projet collectif (projet de classe, d'école, communal, national ...)

Écouter et comprendre	[Niveau A1] Comprendre des mots familiers et des expressions très courantes sur soi-même, sa famille et son environnement
Lire et comprendre	[Niveau A1] Comprendre dans un message des mots familiers et des phrases très simples
Parler en continu	[Niveau A1] Utiliser des expressions et des phrases simples pour parler de soi et de son environnement immédiat [Niveau A1] Maîtriser quelques structures syntaxiques et formes grammaticales simples appartenant à un répertoire mémorisé [Niveau A1] La prononciation d'un répertoire très limité d'expressions et de mots mémorisés est compréhensible avec quelque effort par un locuteur natif
Écrire	[Niveau A1] Copier un modèle écrit, écrire un court message et renseigner un questionnaire simple
Réagir et dialoguer	[Niveau A1] Communiquer de façon simple avec l'aide d'un interlocuteur [Niveau A1] Maîtriser quelques structures syntaxiques et formes grammaticales simples appartenant à un répertoire mémorisé [Niveau A1] La prononciation d'un répertoire très limité d'expressions et de mots mémorisés est compréhensible avec quelque effort par un locuteur natif
Découvrir des aspects culturels de la langue	[Niveau A1] Identifier quelques grands repères culturels de l'environnement quotidien des élèves du même âge dans les pays ou régions étudiés

Vivant, matière, objets	Qu'est-ce que la matière ?
	Identifier les trois états de la matière et observer des changements d'états Identifier un changement d'état de l'eau dans un phénomène de la vie quotidienne
	Comment reconnaître le monde du vivant ?
	Connaître des caractéristiques du monde vivant, ses interactions, sa diversité Reconnaître des comportements favorables à sa santé
Espace, temps	Les objets techniques : Qu'est-ce que c'est ? A quels besoins répondent-ils ? Comment fonctionnent-ils ?
	Comprendre la fonction et le fonctionnement d'objets fabriqués Réaliser quelques objets et circuits électriques simples, en respectant des règles élémentaires de sécurité Commencer à s'approprier un environnement numérique
	Se situer dans l'espace
	Se repérer dans l'espace et le représenter Situier un lieu sur une carte, sur un globe ou sur un écran informatique
Espace, temps	Se situer dans le temps
	Se repérer dans le temps et mesurer des durées Repérer et situier quelques évènements dans un temps long
	Explorer les organisations du monde
	Comparer quelques modes de vie des hommes et des femmes, et quelques représentations du monde Comprendre qu'un espace est organisé Identifier des paysages

Sciences et technologie	Thèmes	
	Matière, mouvement, énergie, information Décrire les états et la constitution de la matière à l'échelle Le vivant, sa diversité et les fonctions qui les caractérisent, observer et décrire différents types de mouvements Matériaux et objets techniques Identifier différentes sources d'énergie. La planète Terre - Les êtres vivants dans leur environnement Identifier un signal et une information	
Sciences et technologie	Compétences	
	Pratiquer des démarches scientifiques et technologiques Concevoir, créer, réaliser S'approprier des outils et des méthodes Pratiquer des langages Mobiliser des outils numériques Adopter un comportement éthique et responsable Se situer dans l'espace et dans le temps	
Histoire et géographie	Thèmes	
	Histoire CM1	Géographie CM1
	Thème 1 - Et avant la France	Thème 1 - Découvrir le(s) lieu(x) où j'habite
	Thème 2 - Le temps des rois	Thème 2 - Se loger, travailler, se cultiver, avoir des
	Thème 3 - Le temps de la Révolution et de l'Empire	Thème 3 - Consommer en France
	Histoire CM2	Géographie CM2
	Thème 1 - Le temps de la République	Thème 1 - Se déplacer
	Thème 2 - L'âge industriel en France	Thème 2 - Communiquer d'un bout à l'autre du
	Thème 3 - La France, des guerres mondiales à l'U. E.	Thème 3 - Mieux habiter
	Compétences	
	Se repérer dans le temps : construire des repères historiques	
	Situier des grandes périodes historiques	
	Ordonner des faits et les situier	
	Utiliser des documents	
	Mémoriser et mobiliser ses repères historiques	
	Se repérer dans l'espace : construire des repères géographiques	
	Nommer et localiser les grands repères géographiques	
	Nommer, localiser un lieu dans un espace géographique	
	Appréhender la notion d'échelle géographique	
	Mémoriser et mobiliser ses repères géographiques	
	Raisonné, justifier une démarche et des choix effectués	
	Poser et se poser des questions	
	Formuler des hypothèses	
	Vérifier	
Justifier		
S'informer dans le monde du numérique		
Connaître et utiliser différents systèmes d'information		
Trouver, sélectionner et exploiter des informations dans une ressource numérique		
Identifier la ressource numérique utilisée		
Comprendre un document		
Comprendre le sens général d'un document		
Identifier le document et savoir pourquoi il doit être identifié		
Extraire des informations pertinentes		
Savoir que le document exprime un point de vue, identifier et questionner le sens implicite d'un document		
Pratiquer différents langages en histoire et en géographie		
Ecrire pour structurer sa pensée, argumenter et écrire pour communiquer		
reconnaître un récit historique		
S'exprimer à l'oral		
S'appropriier et utiliser un lexique historique et géographique		
Réaliser des productions		
Utiliser des cartes		
Coopérer et mutualiser		
Organiser son travail dans le cadre d'un groupe		
Travailler en commun		
Utiliser les outils numériques dans le travail collectif		

Annexe 2 – Supplemental material meta-analysis

Supplemental material

This supplementary material has been provided by the authors to give readers additional information about their work.

Key words and search strategy adapted from van Houdt et al.²¹

Tables

eTable 1: Summary of studies – perinatal, medical

eTable 2: Summary of studies – medical factors (details)

eTable 3: Summary of studies – environmental factors (details)

eTable 4: Summary of studies – executive functions and academic assessment methodology

eTable 5: Summary of studies – domain of assessment in executive functions and academic achievement

eTable 6: Summary of studies – executive functions assessment tasks

eTable 7: Summary of studies – academic assessment tasks

Executive functions and academics meta-analysis

eFigures

eFigure 1: Normal Q-Q plot for executive functions and academic meta-analysis

eFigure 2: Funnel plot of standard errors by SMD

eFigure 3: Trim Fill Funnel plot of standard errors by SMD

eTables

eTable 8: Effect sizes and heterogeneity statistics executive functions and academic achievement - Random effect model

eTable 9: Univariate Meta-regression on executive functions and academic achievement

eTable 10: Stepwise multivariate meta-regression on executive functions and academic achievement

Correlations meta-analysis between executive functions and academic achievement

eFigures

eFigure 4: Normal Q-Q plot for correlation meta-analysis

eFigure 5: Forest plot – Associations between executive functions domain and any academic achievement

eFigure 6: Forest plot – Associations between academic achievement domain and any executive functions

eFigure 7: Funnel plot of standard errors by correlation coefficient

eFigure 8: Trim Fill Funnel plot of standard errors by correlation coefficient

eTables

eTable 11: Univariate meta-regression for correlations between executive functions and academic achievement according to moderators

eTable 12: Stepwise multivariate meta-regression for correlations between executive functions and academic achievement according to moderators

Key words and search strategy adapted from van Houdt et al.²¹

PUBMED

Simple search

« preterm infants or premature infants or preterm baby or premature baby or neonates or preterm or premature newborn » AND « dysexecutive function syndrome or executive dysfunction or executive function or executive control » AND « school outcomes or academic achievement or academic performance or learning disabilities »

AND

Advanced search

((("Infant, Premature"[Mesh] OR "Infant, Premature, Diseases"[Mesh] OR "premature birth"[MeSH Terms] OR "infant, low birth weight"[MeSH Terms] OR ((premat*[tiab] OR preterm*[tiab] OR pre-mat*[tiab] OR pre-term*[tiab]) AND (birth*[tiab] OR childbirth*[tiab] OR infant*[tiab] OR neonat*[tiab] OR newborn*[tiab] OR neo-nat*[tiab] OR born*[tiab])) OR preterm child*[tiab] OR pre-term child*[tiab] OR prematurity[tiab] OR ((Low[tiab] OR lower[tiab]) AND ((birth[tiab] AND weight*[tiab]) OR birthw*[tiab])) OR LBW[tiab] OR VLBW[tiab] OR ELBW[tiab] OR VPT[tiab] OR EPT[tiab] OR SGA[tiab] OR small for gestational age*[tiab] OR VLGA[tiab] OR ELGA[tiab] OR IUGR[tiab]))) AND (("child"[MeSH Terms] OR "adolescent"[MeSH Terms] OR "Child Development"[Mesh:NoExp] OR "Adolescent Development"[MeSH] OR "Human Development"[MeSH:NoExp] OR "Psychology, Child"[Mesh] OR "Psychology, Adolescent"[MeSH] OR "Psychology, Developmental"[Mesh] OR "Cognitive Science"[MeSH] OR "Neurodevelopmental Disorders"[Mesh:NoExp] OR "Child Behavior Disorders"[Mesh] OR Child*[tiab] OR Adolesc*[tiab] OR Middle Aged[tiab] OR schoolage*[tiab] OR school-age*[tiab] OR puber*[tiab] OR teens[tiab] OR teenager*[tiab] OR young[tiab] OR youth[tiab])) AND ((Executive Function[Mesh] OR "Inhibition (Psychology)"[Mesh] OR "Reaction Time"[Mesh:NoExp] OR "Neuropsychological Tests"[Mesh] OR "Wechsler Scales"[Mesh] OR executive[tiab] OR (EF[tiab] AND battery[tiab]) OR "executive dysfunction"[tiab] OR "executive control"[tiab] OR EF test*[tiab] OR response inhibit*[tiab] OR inhibition proces*[tiab] OR inhibition difficul*[tiab] OR ((impulse[tiab] OR inhibitory[tiab] OR interference[tiab]) AND (control[tiab] OR controlling[tiab])) OR stop-signal*[tiab] OR ((stop*[tiab] OR delay*[tiab] OR impuls*[tiab] OR Nogo[tiab] OR no-go[tiab]) AND task*[tiab]) OR Go/No-Go[tiab] OR random respond*[tiab] OR (Set[tiab] AND shift*[tiab]) OR switch*[tiab] OR flex*[tiab] OR "mental flexibility"[tiab] OR digit span[tiab] OR D-KEFS[tiab] OR (((number*[tiab] AND letter*[tiab]) OR inhibition[tiab]) AND (shift*[tiab] OR switch*[tiab] OR flex*[tiab] OR test[tiab] OR testing[tiab] OR tests[tiab] OR task*)) OR (BRIEF[tiab] AND behavio*[tiab]) OR tower[tiab] OR (cognitive[tiab] AND (flexib*[tiab] OR battery[tiab])) OR cognitive function*[tiab] OR (Working[tiab] AND memory[tiab]) OR (Wechsler[tiab] AND intelligence[tiab]) OR CANTAB[tiab] OR NEPSY*[tiab] OR TEACH [tiab] OR WISC[tiab] OR Neurocogn*[tiab] OR Neuropsy*[tiab] OR Neuro-cogn*[tiab] OR Neuro-psy*[tiab] OR ((stroop[tiab] OR trail making[tiab]) AND (test[tiab] OR tests[tiab] OR testing[tiab]))) AND (("Academic Failure"[Mesh] OR "Academic Success"[Mesh] OR "Academic Performance"[Mesh] OR "Learning Disabilities"[Mesh] OR "Specific Learning Disorder"[Mesh] OR "Teaching"[Mesh] OR "Neurodevelopmental Disorders"[Mesh] OR "Educational Measurement"[Mesh] OR literacy[mesh]) OR learning [tiab] OR decoding [tiab] OR reading [tiab] OR "reading comprehension"[tiab] OR mathematics [tiab] OR calculus [tiab] OR arithmetic [tiab] OR "solving problems"[tiab] OR spelling[tiab] OR grammar[tiab] OR "school achievement"[tiab] OR "academic achievement"[tiab] OR ("Woodcock Johnson"[tiab] OR "WRAT"[tiab] OR WIAT [tiab] OR GORT*[tiab] OR TAAS [tiab] OR FTF[tiab])) NOT ("animals"[mesh] NOT "humans"[mesh]) AND 2000/01/01:2020/12/31[dp]

#1 AND #2 AND #3 AND #4 NOT #5 AND #6

PsychInfo

Simple search

#1 « preterm infants or premature infants or preterm baby or premature baby or neonates or preterm or premature newborn »

#2 « dysexecutive function syndrome or executive dysfunction or executive function or executive control »

#3 « school outcomes or academic achievement or academic performance or learning disabilities »

AND

Advanced search

#1

premature birth/ or birth weight/ or ((premature* or preterm* or pre-mat* or pre-term*).ab,ti. and (birth* or childbirth* or infant* or neonat* or newborn* or neo-nat* or born*).ab,ti.) or (preterm child* or pre-term child* or prematurity).ab,ti. or ((low or lower).ab,ti. and ((birth and weight*).ab,ti. or birthw*.ab,ti.)) or (LBW or VLBW or ELBW or VPT or EPT or VLGA or ELGA or SGA or small for gestational age or IUGR).ab,ti.

#2

adult development/ or childhood development/ or adolescent development/ or human development/ or child psychology/ or adolescent psychology/ or developmental psychology/ or exp cognitive science/ or neurodevelopmental disorders/ or child psychopathology/ or (preschool* or schoolage* or school-age* or puber* or teens or teenager* or young or youth).ab,ti.

#3

exp executive function/ or exp latent inhibition/ or reaction time/ or exp neuropsychological assessment/ or stroop color word test/ or (executive or EF test* or response inhibit* or inhibition process* or inhibition difficul* or stop-signal* or "go/no-go" or random respond* or digit span or d-kefs or cognitive function* or WISC or CANTAB or NEPSY* or TEACH or neurocogn* or neuropsy* or neuro-cogn* or neuro-psy*) or dysexecutive function syndrome.ab,ti. or executive dysfunction.ab,ti. or executive control.ab,ti. or (EF and battery).ab,ti. or (Brief and behavio*).ab,ti. or (Cognitive.ab,ti. And (flexib* or battery*).ab,ti.) or (working and memory).ab,ti. or (Wechsler and intelligence).ab,ti. or (set and shift*).ab,ti. or ((impulse or inhibitory or interference).ab,ti. And (control or controlling).ab,ti.) or ((stop* or delay* or impuls* or nogo* or no-go*).ab,ti. And task*.ab,ti.) or (((number* and letter*).ab,ti. Or inhibition.ab,ti.) and (shift* or switch* or mental flexibility or flex* or test or testing or tests or task*).ab,ti.) or ((stroop or trail making).ab,ti. And (test or tests or testing).ab,ti.)

#4

academic Failure/ or academic success/ or academic performance/ or learning disabilities/ or specific learning disorder/ or teaching/ or neurodevelopmental disorders/ or educational measurement/ or (literacy or learning or decoding or reading or reading comprehension or mathematics or calculus or arithmetic or solving problems or spelling or grammar or school achievement or academic achievement).ab,ti or (Woodcock Johnson or WRAT or WIAT or GORT* or TAAS or FTF).ab,ti

#1 AND #2 AND #3 AND #4

Database	Limiters Applied
APA PsycArticles	Date de publication: 20000101-20201231; Année de publication: 2000-2020; Groupes d'âge: Childhood (birth-12 yrs), School Age (6-12 yrs), Adolescence (13-17 yrs); Groupe de population: Human
Psychology and Behavioral Sciences Collection	Date de publication: 20000101-20201231

Web of Science

Simple search

#1 « preterm infants or premature infants or preterm baby or premature baby or neonates or preterm or premature newborn »

#2 « dysexecutive function syndrome or executive dysfunction or executive function or executive control »

#3 « school outcomes or academic achievement or academic performance or learning disabilities »

AND

Advanced search

#1

TS=(("Infant Premature" OR "Infant Premature Diseases" OR "premature birth" OR "infant low birth weight" OR ("prematu*" OR "preterm*" OR "pre-mat*" OR "pre-term*") AND ("birth*" OR "childbirth*" OR "infant*" OR "neonat*" OR "newborn*" OR "neo-nat*" OR "born*")) OR "preterm child*" OR "pre-term child*" OR "prematurity" OR ("Low" OR "lower") AND (("birth" AND "weight*") OR "birthw*")) OR "LBW" OR "VLBW" OR "ELBW" OR "VPT" OR "EPT" OR "SGA" OR "small for gestational age*" OR "VLGA" OR "ELGA" OR "IUGR"))

AND

#2

TS=(("child" OR "adolescent" OR "Child Development" OR "Adolescent Development" OR "Human Development" OR "Psychology Child" OR "Child psychology" OR "Psychology Adolescent" OR "adolescent psychology" OR "Psychology Developmental" OR "developmental psychology" OR "Cognitive Science" OR "Neurodevelopmental Disorders" OR "Child Behavior Disorders" OR "child psychopathology" OR "Child*" OR "Adolesc*" OR "schoolage*" OR "school-age*" OR "puber*" OR "teens" OR "teenager*" OR "young" OR "youth"))

AND

#3

TS=(("Executive Function" OR "Inhibition Psychology" OR "latent inhibition" OR "Reaction Time" OR "Neuropsychological Tests" OR "Neuropsychological assessment" OR "dysexecutive function syndrome" OR "executive dysfunction" OR "executive control" OR "stroop color word test" OR "Wechsler Scales" OR "executive" OR ("EF" AND "battery") OR "EF test*" OR "response inhibit*" OR "inhibition proces*" OR "inhibition difficul*" OR ("impulse" OR "inhibitory" OR "interference") AND ("control" OR "controlling")) OR "stop-signal*" OR ("stop*" OR "delay*" OR "impuls*" OR "Nogo" OR "no-go") AND "task*") OR "Go/No-Go" OR "random respond*" OR ("Set" AND "shift*") OR "digit span" OR "D-KEFS" OR (((("number*" AND "letter*") OR "inhibition") AND ("shift*" OR "switch*" OR "test" OR "testing" OR "tests" OR "task*")) OR ("BRIEF" AND "behavio*") OR ("cognitive" AND ("flexib*" OR "battery*")) OR "cognitive function*" OR ("Working" AND "memory") OR ("Wechsler" AND "intelligence") OR "WISC" OR "CANTAB" OR "NEPSY*" OR "TEACH" OR "Neurocogn*" OR "Neuropsy*" OR "Neuro-cogn*" OR "Neuro-psy*" OR ("stroop" OR "trail making") AND ("test" OR "tests" OR "testing"))))

AND

#4

TS=(("Academic Failure" OR "Academic Success" OR "Academic Performance" OR "Learning Disabilities" OR "Specific Learning Disorder" OR "Teaching" OR "Neurodevelopmental Disorders" OR "Educational Measurement" OR "literacy") OR "learning" OR "decoding" OR "reading" OR "reading comprehension" OR "mathematics" OR "calculus" OR "arithmetic" OR "solving problems" OR "spelling" OR "grammar") OR "school achievement" OR "academic achievement" OR "school outcomes" OR ("Woodcock Johnson" OR "WRAT" OR "WIAT" OR "GORT*" OR "TAAS" OR "FTF"))

Databases= WOS, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Timespan=2000-2020

#1 AND #2 AND #3 AND #4

Tables

eTable 1: Summary of studies – perinatal, medical, and environmental factors

Studies, k =11	Preterm	Decade of birth
n	1314	
Perinatal		
Sex M/F - %	48.77 / 51.23 (k=10)	
Gestational age (sd) week – (range \bar{x})	27.82 (1.82) – (25 – 30.5 wks)	
Weighted mean gestational age (sd) weeks	27.80 (1.67)	
Birth weight (sd) g – (range)	1084.76 (264.36) – (810 – 1303) (k=9)	1980s (k= 2)
Weighted mean birth weight (sd) g	1003.33 (263.69)	1990s (k= 3)
Age at assessment (sd) year – (range)	9.24 (0.61) – (6.13 – 13.32)	2000s (k= 6)
Weighted mean age at assessment (sd) years	9.56 (0.73)	
Intellectual quotient (IQ)		
IQ, mean (sd) – (range)	93.72 (14.85) – (83,79 – 100.5) (k=10)	
Weighted mean IQ (sd)	91.78 (13.37)	
Medical^a – n (mean %)		Total sample %*
Multiple birth (k=5)	192 (24.08)	20.45
Small for gestational age (k=3)	142 (23.67)	15.12
Small weight for gestational age (k=2)	130 (32.50)	13.84
Intra uterine growth retardation (k=1)	12 (6.00)	1.28
Neurological injury (k=3)	52 (10.97)	5.54
Intraventricular haemorrhage Grade 3-4 (k=3)	34 (6.87)	3.62
Periventricular leukomalacia (k=3)	18 (4.10)	1.92
Bronchopulmonary dysplasia (k=3)	149 (38.43)	15.87
Retinopathy of prematurity ≥ 3 (k=1)	4 (8)	0.43
Neurosensory impairment (k=3)	108 (25.82)	11.50
Cerebral palsy (k=2)	37 (9.59)	3.94
Important vision impairment (k=2)	23 (5.66)	2.45
Important audio impairment (k=2)	32 (7.91)	3.41
Important motor impairment (k=1)	16 (31.00)	1.70
No medical data available	245 (18.64) (k=3)	
* From data available: Preterm: n= 939		
Environmental^b – n (mean %)		
<i>Socioeconomic status</i>		
Low (k=2)	98 (48.90)	47.57
Intermediate (k=1)	21 (18.30)	10.19
High (k=1)	51 (44.30)	24.76
Hollingshead four-factor index (k=2) – pool M (SD)	40.82 (13.32)	–
No data available: k (%)	7 (63.64)	–
* From data available: Preterm: n=206		
<i>Parents' education</i>		
Low (k=0)	–	–
Intermediate (k=1)	31 (60.00)	60.00
High (k=0)	–	–
No data available, k (%)	10 (90.91)	–
<i>Mother's education</i>		
Low (k=2)	98 (37.40)	29.34
Intermediate (k=1)	63 (29.00)	18.86
High (k=2)	159 (42.10)	47.60
Educational years (k=1) – M (sd)	13.53 (3.60)	–
No data available, k (%)	7 (63.64)	–
* From data available: Preterm: n=334		
<i>Father's education</i>		
Educational years (k=1) – M (sd)	12.84 (3.84)	–
No data, k (%)	10 (90.90)	–
<i>Special education needs</i>		
SEN (k=5)	217 (41.35)	39.10
* From data available: Preterm: n= 555		

^a More detail on each study available – see eTable 2; ^b More detail on each study available – see eTable 3

eTable 2: Summary of studies – medical factors (details)

Studies	Preterm – N (%)										
	N	Multiple Birth	Small for gestational age		Neurological injury		BPD	RoP ≥ 3	Neurosensory impairment		
			SWGA	IURG	IVH 3-4	PVL			CP	Vision imp.	Audio imp.
Borchers et al. (2019) ³⁶	48								EX	EX	
Bucci et al. (2020) ^{*116}	82				EX	EX					
Jaekel et al. (2013) ⁴⁵	281	65 (23)	118 (42)								
Libertus et al. (2017) ⁴⁸	82										
Marlow et al. (2007) ⁵²	180	51 (28)									
Mulder et al. (2010) ⁵³	48										
Pascoe et al. (2018) ¹¹⁷	91	24 (26.4)			5 (5.6)	2 (2.3)	43 (47.3)				
Simms et al. (2015) ⁵⁸	115										
Taylor et al. (2002) ^{*118}	116							6 (5.17)	2 (1.72)	3 (2.58)	
Taylor et al. (2006) ²⁵	219	39 (18)		12 (6)	28 (13)	14 (6)	93 (43)	31 (14)	21 (9.6)	29 (13.2)	
Twilhaar et al. (2020) ⁶⁰	52	13 (25)	12 (23)		1 (2)	2 (4)	13 (25)	4 (8)			16 (31)

Notes. **BPD**: Bronchopulmonary dysplasia; **CP**: Cerebral palsy; **EX**: Excluded from sample; **SWGA**: Small weight for gestational age; **IURG**: Intra uterine growth retardation; **IVH**: Intraventricular haemorrhage grade 3-4; **PVL**: Periventricular leukomalacia; **RoP**: Retinopathy of prematurity ≥ grad 3; **Vision/Audio/Motor imp**: Important vision/audio/motor impairment.

* Divided into groups in the original article.

eTable 3: Summary of studies – environmental factors (details)

Study	Preterm – N (%)													
	N	SES			Parental education**			Mother education			Father education			SEN***
		High	Inter	Low	High	Inter	Low	High	Inter	Low	High	Inter	Low	
Borchers et al. (2019) ³⁶	48	53.84 (13.24) ^a												
Bucci et al. (2020) ^{*116}	82							13,53 (3,60) ^b			12,84 (3,84) ^b			24 (29,27)
Jaekel et al. (2013) ⁴⁵	281							4,5 (2,2) ^c						
Libertus et al. (2017) ⁴⁸	82													
Marlow et al. (2007) ⁵²	180													
Mulder et al. (2010) ⁵³	48													23 (49)
Pascoe et al. (2018) ¹¹⁷	91			55 (60.4)										42 (46.2)
Simms et al. (2015) ⁵⁸	115	51 (44.3)	21 (18.3)	43 (37.4)				29 (25.2)		72 (62.6)				51 (44.3)
Taylor et al. (2002) ^{*118}	116	35.43 (13.36) ^a												
Taylor et al. (2006) ²⁵	219			18 (16) ^d				130 (59)	63 (29)	26 (12)				77 (38)
Twilhaar et al. (2020) ⁶⁰	52				31 (60)									

Notes. **Inter**: Intermediate; **SEN**: Special education needs; **SES**: Socioeconomic status

* Divided into groups in the original article. Weighted data used here.

** Highest of two parents (without distinction): Low = primary education only or prevocational secondary education; Intermediate = 3-year secondary education or middle vocational education; High = higher professional, university training or PhD.

*** Included school support; educational assistance; grade repetition or individual education program

^a Hollingshead four-factor index – M (SD)

^b Educational years – M (sd)

^c Minimum=1; maximum=11 – M (SD)

^d Census tract data: Based on data on the neighbourhood tract of the family residence from the 2000 US Census. Family income is in thousands of dollars. Mean % below poverty level (± SD)

eTable 4: Summary of studies – executive functions and academic assessment methodology

Study	Assessment methodology						
	IQ measure	EF - reference to a theoretical model	EF - Low level process assessment	EF performance tasks	EF rating scale	Academic performance tasks	Academic rating scale
Borchers et al. (2019) ³⁶	✓	–	–	✓		✓	
Bucci et al. (2020) ¹¹⁶	✓	–	–	✓		✓	
Jaekel et al. (2013) ⁴⁵	✓	–	–		✓	✓	✓
Libertus et al. (2017) ⁴⁸	✓ (VIQ)	–	–	✓	✓	✓	
Marlow et al. (2007) ⁵²	✓	–	–	✓			✓
Mulder et al. (2010) ⁵³	✓	–	–	✓			✓
Pascoe et al. (2018) ¹¹⁷	✓	–	–	✓		✓	
Simms et al. (2015) ⁵⁸	✓	–	–	✓		✓	
Taylor et al. (2002) ¹¹⁸	✓	–	–	✓		✓	
Taylor et al. (2006) ²⁵	✓	–	–	✓		✓	
Twilhaar et al. (2020) ⁶⁰	✓	–	–	✓		✓	

Methodology	k (%)
IQ measure	11 (100)
EF - reference to a theoretical model	0 (0.00)
EF - Low level process	0 (0.00)
Executive functions assessment	
Performance executive function tasks	10 (90.91)
Only performance executive function task	9 (81.82)
Rating scale executive function task	2 (18.18)
Only rating scale executive function task	1 (9.09)
Combined perf + rating scale EF tasks	1 (9.09)
Academic assessment	
academic performance task	9 (81.82)
Only academic performance task	8 (72.73)
academic rating scale	3 (27.28)
Only academic rating scale	2 (18.18)
Combined perf + rating scale academics tasks	1 (9.09)

EF: Executive functions
k: Number of studies
VIQ: Verbal Intellectual Quotient

eTable 5: Summary of studies – domain of assessment in executive functions and academic achievement

Executive functions	k	Studies	Academic achievement	k	Studies
Inhibition	4	(53,58,60,111)	Reading	7	(25,36,45,60,116,117,118)
Flexibility	1	(53)	Spelling	5	(25,45,60,116,117)
Working memory	8	(36,48,53,58,60,116,117,118)	Mathematics	8	(25,45,48,58,60,116,117,118)
Planning	1	(36)	Overall academic measure	3	(45,52,53)
Processing speed	3	(53,58,60)			
Composite EF Measure	4	(25,45,48,52)			

k: Number of studies

eTable 6: Summary of studies – executive functions assessment tasks

Study	IQ test	Executive functions performance tasks					Executive functions rating scale	
		Inhibition	Flexibility	Working memory	Planning	Processing speed	Global	
Borchers et al. (2019) ³⁶	Nonverbal (WASI-II)			SS + SSWM (CANTAB) (NVT)	SC (CANTAB) (NVT)			
Bucci et al. (2020) ¹¹⁶	WISC – III + CPM	Bell test (Biancardi, 1997) (NVT)		Verbal digit (VT) + Corsi’s Block Tapping span (NVT)				
Jaekel et al. (2013) ⁴⁵	K-ABC						TRCB; TEAM; CBCL	
Libertus et al. (2017) ⁴⁸	WISC – IV (VIQ)			DS (WISC-IV) (VT)			BADDS Parents	
Marlow et al. (2007) ⁵²	K-ABC	Composite executive functions measure: Statue; Knock and tap; Visual attention; Tower (NEPSY) (NVT)						
Mulder et al. (2010) ⁵³	WISC-IV	Walk don’t walk + Opposite worlds + Sky search (TEAch) (NVT)	Creature counting (TEAch) (NVT) + Semantic fluency (NEPSY) (VT)	DSB + LNS (WISC-IV) (VT)		Same Worlds verbal speed + Sky search motor speed (Time/target) (TEAch) (NVT)		
Pascoe et al. (2018) ¹¹⁷	DAS-II			Digit recall (VT) + Word list recall (VT)+ Block recall (NVT) + Mazes memory (NVT) + Backward digit recall (VT) (WMTB-C); Mr X (AWMA) (NVT)				
Simms et al. (2015) ⁵⁸	RAVEN MAT	Inhibition (NEPSY-II) (VT)		Backwards digit recall task (VT) + Backwards word recall task (VT) + Mr X (AWMA) (NVT)		RAN (VT)		
Taylor et al. (2002) ¹¹⁸	WISC-III			Oral Directions; Recalling sentences (CELF-R) ^a (VT)				
Taylor et al. (2006) ²⁵	K-ABC	Composite executive functions measure: Visual attention; List learning; Tower (NEPSY) (VT + NVT)						
Twilhaar et al. (2020) ⁶⁰	NA	ANT + SART (NVT)		SST (NVT)		Simple reaction time (NVT) + ASRT (NVT)		

Notes. ^a Performance summarized in a Verbal WM factor. **VT**: Verbal Task; **NVT**: Non-Verbal Task

ANT: Attention network task (Posner & Petersen, 1990); **ASRT**: Alternating serial reaction time task (Howard & Howard, 1997); **AWMA**: Automated working memory assessment; **BADDS**: Brown attention deficit disorder scales; **CANTAB**: Cambridge neuropsychological testing automated battery; **CBCL**: Child behaviour checklist; **CELF**: Clinical evaluation of language fundamentals; **CPM**: Color raven matrix; **DAS-II**: Differential ability scales – 2nd edition; **DS**: Digit span (WISC); **DSB**: Digit span backward (WISC); **K-ABC**: Kaufman assessment battery for children; **LNS**: Letter–number sequencing (WISC); **NA**: Not available; **NEPSY**: Neuropsychological assessment; **RAN**: Rapid automatized naming task; **SART**: Sustained attention to response task (Robertson et al., 1997); **SC**: Stockings of Cambridge subtest (CANTAB); **SS**: Spatial Span (CANTAB); **SST**: Spatial span task (Nutley et al., 2009); **SSWM**: Spatial Span Working Memory (CANTAB); **TEAch**: Test of everyday attention for children; **TEAM**: Rating of child behaviour; **TRCB**: Tester’s rating of child behaviour; **WISC**: Weschler intelligence scale for children; **WMTB-C**: Working memory test battery for children (Pickering & Gathercole, 2001).

eTable 7: Summary of studies – academic assessment tasks

Study	Academic Tasks			
	Reading	Mathematic	Spelling	Overall/ Rating
Borchers et al. (2019) ³⁶	Comprehension + fluency + comprised of accuracy and rate of reading (GORT-5)			
Bucci et al. (2020) ¹¹⁶	BDDD; CMTB	AC-MT test; BDE Test	BDDD	
Jaekel et al. (2013) ⁴⁵	ZRT; PWRT	Mathematics performance + Arithmetic (Stigler et al.,1990)	Spelling and writing tests (DST 2)	School report
Libertus et al. (2017) ⁴⁸		ANS; Acuity task (Panamath); ARI (WISC-IV)		
Marlow et al. (2007) ⁵²				TAAS
Mulder et al. (2010) ⁵³				TAAS
Pascoe et al. (2018) ¹¹⁷	Word reading (WRAT-IV)	Math computation (WRAT-IV)	Spelling (WRAT-IV)	
Simms et al. (2015) ⁵⁸		Composite (8 tasks) + WIAT-II		
Taylor et al. (2002) ¹¹⁸	LWI (WJ-R); Reading comprehension (WIAT)	Calculation; Applied problems (WJ-R)		
Taylor et al. (2006) ²⁵	LWI (WJ-III)	Calculation (WJ-III)	Spelling (WJ-III)	
Twilhaar et al. (2020) ⁶⁰	Reading comprehension (DNIEM)	Arithmetic performance (DNIEM)	Spelling (DNIEM)	

Notes. **AC-MT:** Cornoldi calculation ability; **ANS:** Approximate number system; **ARI:** Arithmetic subtest (WISC); **BDDD:** Battery for dyslexia and developmental dysorthography; **BDE:** Battery for developmental dyscalculia (Biancardi and Nicoletti, 2004); **CMTB:** Cornoldi memory and training battery; **DNIEM:** Dutch national Institute for educational measurement; **DST-2:** Diagnostic spelling test – 2nd edition (Müller, 1983); **GORT:** Gray oral reading tests; **LWI:** Letter-word identification (Woodcock Johnson Tests); **PWRT:** Pseudo-word reading test (Schneider et al. 2004); **TAAS:** Teachers academic attainment scale; **WIAT :** Wechsler individual achievement test; **WISC :** Weschler intelligence scale for children; **WJ-III:** Woodcock Johnson tests of cognitive abilities, 3rd edition; **WRAT:** Wide range achievement test; **ZRT:** Zürich reading test (Grissemann, 2000).

Executive functions and academics achievement meta-analysis

Subgrouping analyses revealed that children born very or extremely preterm performed more poorly than controls on composite executive function measures (-0.64 SMD), working memory (-0.58 SMD), inhibition (-0.41 SMD), and processing speed (-0.35 SMD). Flexibility was explored in a single study (-0.54 SMD), as was planning, for which the result was nonsignificant (-0.21 SMD). Regarding academic achievement, children born very or extremely preterm performed more poorly than controls on all four measures: overall academic achievement (-0.96 SMD), reading (-0.61 SMD), mathematics (-0.59 SMD), and spelling (-0.45 SMD) (see eTable 8).

eTable 8: Effect sizes and heterogeneity statistics executive functions and academic achievement - Random effect model

	k	n ES	n PT*	n C	SMD	95% CI	p
Executive functions	11	36	1314	968	-0.514	-0.608, -0.421	< .001
Inhibition	3	11	213	152	-0.409	-0.582, -0.237	< .001
Working memory	6	9	457	347	-0.583	-0.771, -0.395	< .001
Flexibility	1	2	48	17	-0.538	-1.025, -0.052	.029
Planning	1	1	47	40	-0.206	-0.786, 0.375	.482
Processing speed	3	5	212	152	-0.347	-0.605, -0.088	.008
Composite EF measure	4	8	747	709	-0.637	-0.793, -0.481	< .001
Academic achievement	11	32	1314	968	-0.612	-0.701, -0.521	< .001
Reading	6	8	913	791	-0.611	-0.783, -0.439	< .001
Spelling	3	3	537	520	-0.453	-0.723, -0.183	< .001
Mathematics	7	18	1059	916	-0.586	-0.701, -0.471	< .001
Overall academic measure	3	3	515	456	-0.966	-1.254, -0.679	< .001

In bold font, significant SMD

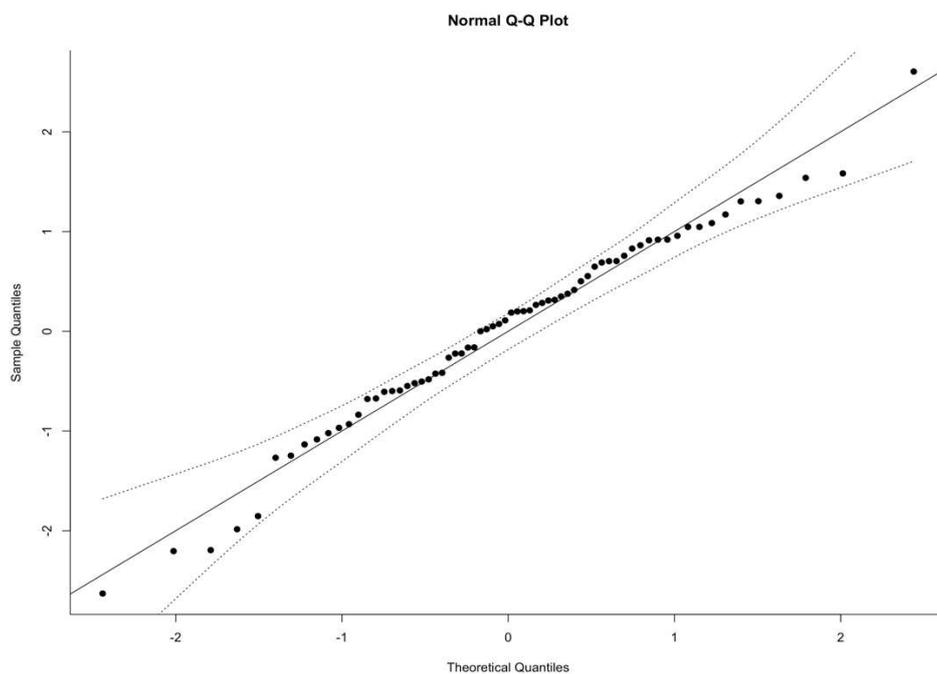
k: Number of studies; **n ES**: Number of Effect Size; **n PT**: number of preterm; **n C**: number of controls.

* If the sample size was different for each measure, we took the smallest sample in these counts.

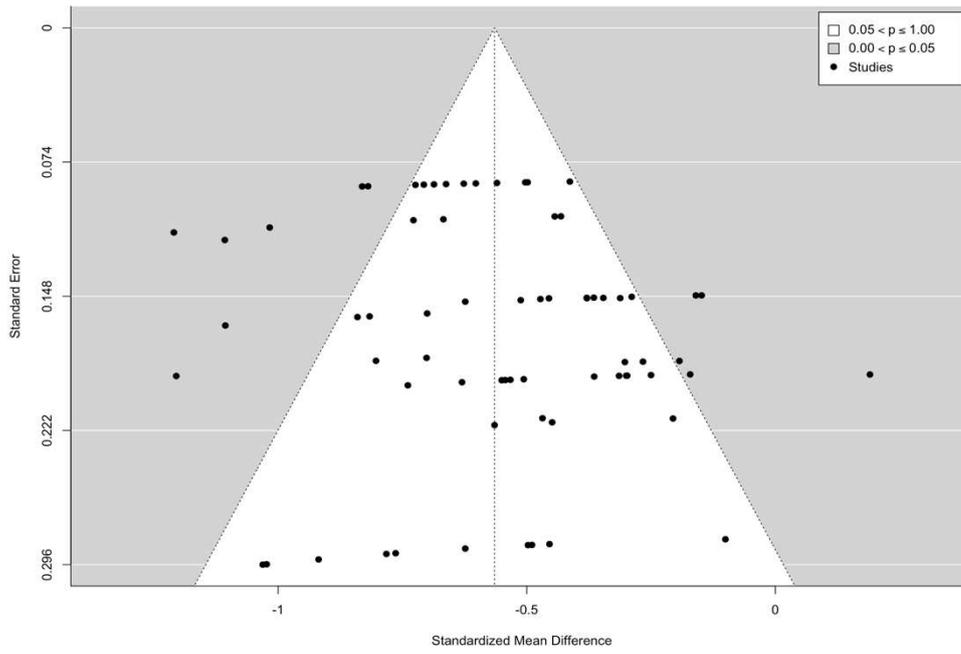
The SMD measures were heterogeneous ($Q_M[10] = 346.73, p < 0.001, \tau^2 = 0.04$), and between-studies variance was moderate ($I^2 = 67.1\%$).

Investigations of heterogeneity did not reveal any outlier data to explain it, and effect sizes were normally distributed (see eFigure 1). Analyses for the presence of publication bias revealed a symmetric funnel plot (eFigure 2) and non-significant Begg ($\tau = -0.05, p = 0.530$) and Egger ($z = 1.17, p = 0.240$) tests, intimating nonpublication bias in the literature. Pearson's correlation test suggesting again nonpublication bias in this literature ($r = -0.21, p = 0.08, 95\% \text{ CI } [-0.43, 0.02]$).

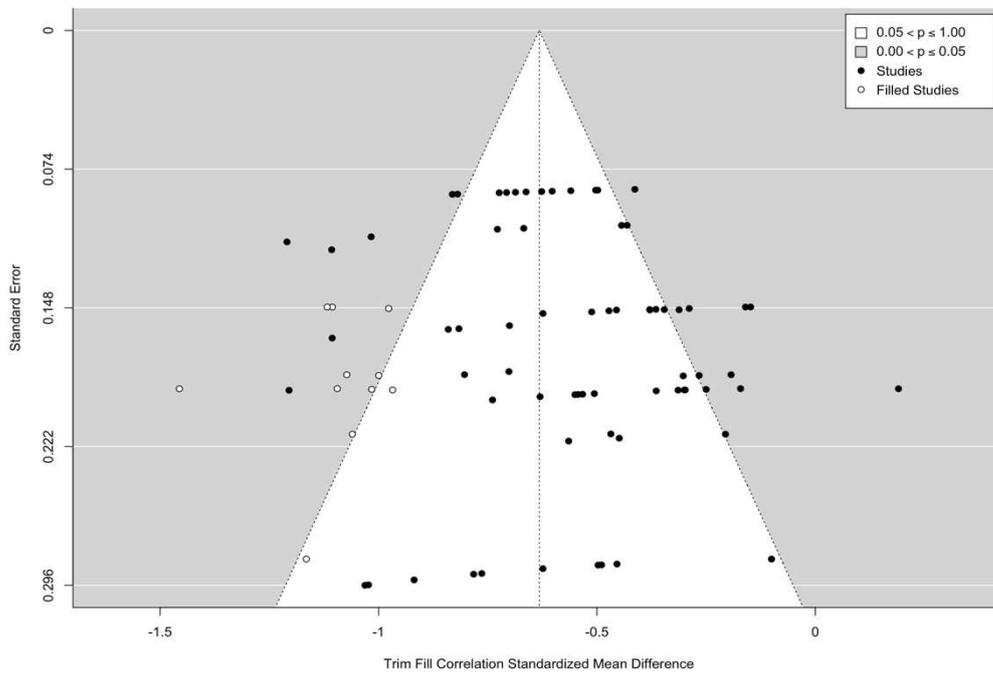
Calculation of Orwin's fail-safe N indicated that 123 effects with an effect threshold below 0.20 SMD would need to be found and incorporated in this analysis to reduce the overall effect. The present finding may have been affected by missing contradictory studies. To address possible publication bias, we imputed potentially missing studies following Duval and Tweedie and informed by results of the Begg's rank correlation test. This imputed 11 effects ($SE = 5.42$) to the left of mean estimate and adjusted the overall model ($k = 79$, $g = -0.63$ [$SE = 0.03$], $z = -17.87$, $p = < 0.001$, $95\% CI = [-0.70, 0.56]$) (*eFigure 3*).



eFigure 1: Normal Q-Q plot for executive functions and academic meta-analysis



eFigure 2: Funnel plot of standard errors by SMD



eFigure3: Trim Fill Funnel plot of standard errors by SMD

Meta regressions

Despite the relatively small number of studies, meta regressions were performed. Year of birth and birth weight explained the variance of executive functions ($R^2 = 27.36$, $Q[1] = 4.54$, $p = 0.03$ and $R^2 = 10.36$, $Q[1] = 4.08$, $p = 0.043$). Post hoc pairwise contrasts with Holmes adjustment revealed that effect size outcomes varied between each birth decade ($Q_M[3] = 185.84$, $p < 0.001$) and each birth weight category ($Q_M[2] = 177.77$, $p < 0.001$). Executive disorders were greater when preterm births occurred in the 1980s or 1990s (-0.60 SMD, 95% CI [-0.70, -0.50] and -0.65 SMD, 95% CI [-0.82, -0.49]) than in the 2000s (-0.42 SMD, 95% CI [-0.52, -0.32], $p < 0.001$) and with a lower birth weight (extremely low birth weight = -0.74 SMD, 95% CI [-0.93, -0.54]; very low birth weight = -0.47 SMD, 95% CI [-0.55, -0.39], $p < 0.001$). However, significant residual heterogeneity was also observed for year of birth ($Q_E[34] = 55.058$, $p = 0.012$) and for birth weight ($Q_E[25] = 50.61$, $p = 0.002$), indicating that other factors also influenced heterogeneity in effect size outcomes.

Academic achievement variance was explained by gestational age ($R^2 = 27.35$, $Q[1] = 10.89$, $p = 0.001$) and birth weight ($R^2 = 5.02$, $Q[1] = 4.29$, $p = 0.038$). Post hoc pairwise contrasts with Holmes adjustment revealed that effect size outcomes varied between each gestational age category ($Q_M[3] = 210.76$, $p < 0.001$) and each birth weight category ($Q_M[2] = 157.97$, $p < 0.001$). Difficulties were more pronounced in the extremely low gestational age category (-0.87 SMD, 95% CI [-1.02, -0.72]) than in the very low one (-0.48 SMD, 95% CI [-0.58, -0.37], $p < 0.0001$). Moreover, an extremely low birth weight (-0.74 SMD, 95% CI [-0.91, -0.57]) resulted in greater difficulties than a very low birth weight did (-0.48 SMD, 95% CI [-0.58, -0.38], $p < 0.001$). Significant residual heterogeneity was observed for both gestational age ($Q_E[30] = 123.60$, $p < 0.001$) and birth weight ($Q_E[26] = 82.83$, $p < 0.001$), indicating that other factors influenced the heterogeneity of effect size outcomes (see eTable 9).

eTable 9: Univariate Meta-regression on executive functions and academic achievement

Moderators	n ES	Q _M	β	z	p	95% CI
Executive Function	27	Q_M[4] 313.17			<.001	
Model 1						
Gestational age			-0.224	-3.653	<.001	-0.344, -0.104
Birth weight			0.003	4.525	<.001	0.002, 0.004
Year of birth			0.002	3.135	.002	0.001, 0.003
Age at assessment			-0.013	-0.548	.583	-0.062, 0.035
Sex – boys			-0.021	-2.454	.0141	-0.039, -0.004
Academic Achievement	28	Q_M[5] 248.55			<.001	
Gestational age			-0.132	-1.415	0.157	-0.315, 0.051
Birth weight			0.0024	3.269	0.001	0.001, 0.004
Year of birth			0.0013	1.356	0.175	-0.0001, 0.003
Age at assessment			-0.070	-2.014	0.044	-0.138, 0.002
Sex - boys			-0.026	-3.260	0.001	-0.041, 0.010

In bold font, domains where moderators have a significant impact.

k: Number of studies; **n ES:** Number of Effect Size

We performed stepwise multivariate mixed-effects meta-regressions on executive functions, and academic achievement. A model including gestational age, birth weight, year of birth, and sex best explained the variance in executive functions ($Q_M[4] = 313.17$, $p < 0.001$). For academic achievement, a model including gestational age, birth weight, year of birth, age at assessment, and sex was the most relevant to explain the variance in outcomes ($Q_M[5] = 248.55$, $p < 0.001$). Although they were not significant in the model, gestational age ($\beta = -0.13$, $p = 0.157$) and year of birth ($\beta = 0.001$, $p = 0.175$) appeared to be confounding factors for the other moderators (see eTable 10).

eTable 10: Stepwise multivariate meta-regression on executive functions and academic achievement

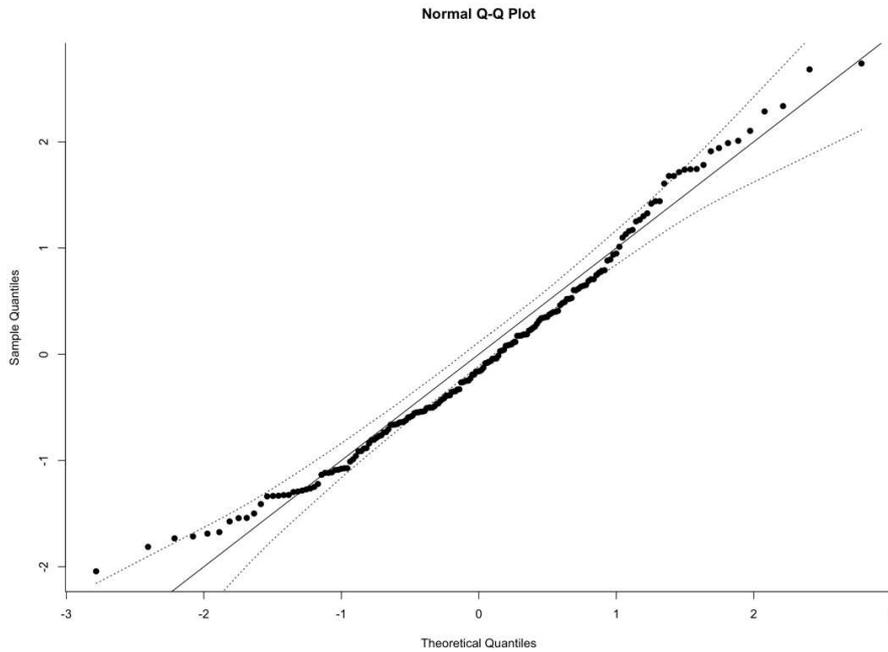
Moderators	k	n ES	β	Z	p	95% CI	R ² Value
Executive functions							
Gestational age	9	36	0.357	1.419	.155	-0.014, 0.085	0.00
Birth weight	7	27	0.0005	2.020	.043	0.000, 0.001	10.36
IQ	7	34	0.022	3.787	<.001	0.010, 0.033	65.08
Year of birth	9	36	0.009	2.132	.033	0.001, 0.017	27.36
Age at assessment	9	36	0.103	0.717	.473	-0.018, 0.038	0.00
Sex – boys	8	28	0.002	0.331	.740	-0.010, 0.015	0.00
Academic achievement							
Gestational age	9	32	0.082	3.300	.001	0.033, 0.130	27.35
Birth weight	7	28	0.0005	2.072	.038	0.000, 0.001	5.02
IQ	7	27	0.026	4.350	<.001	0.014, 0.037	67.74
Year of birth	9	32	0.007	1.044	.297	-0.006, 0.020	0.52
Age at assessment	9	32	0.200	0.985	.325	-0.019, 0.059	2.48
Sex - boys	8	31	0.007	1.025	.305	-0.006, 0.020	0.60

In bold font, domains where moderators have a significant impact.

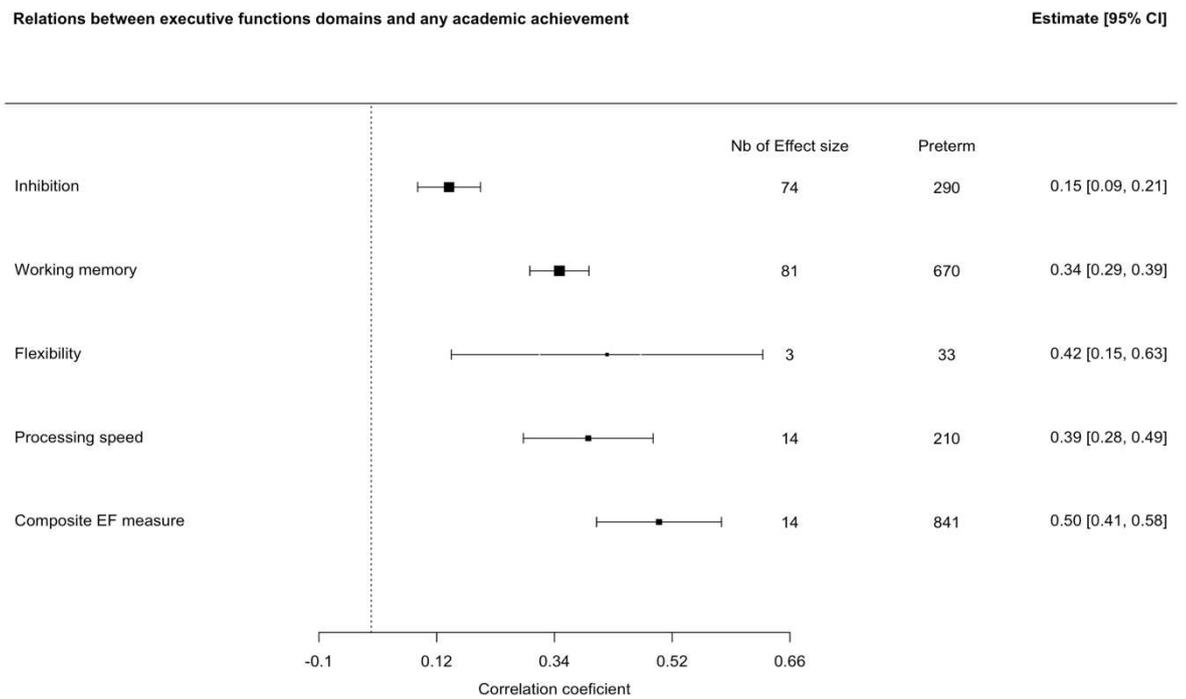
n ES: Number of Effect Size; **Q_M[df]:** Test of Moderators [degree of freedom]

Correlations meta-analysis between executive functions and academic achievement

Figures



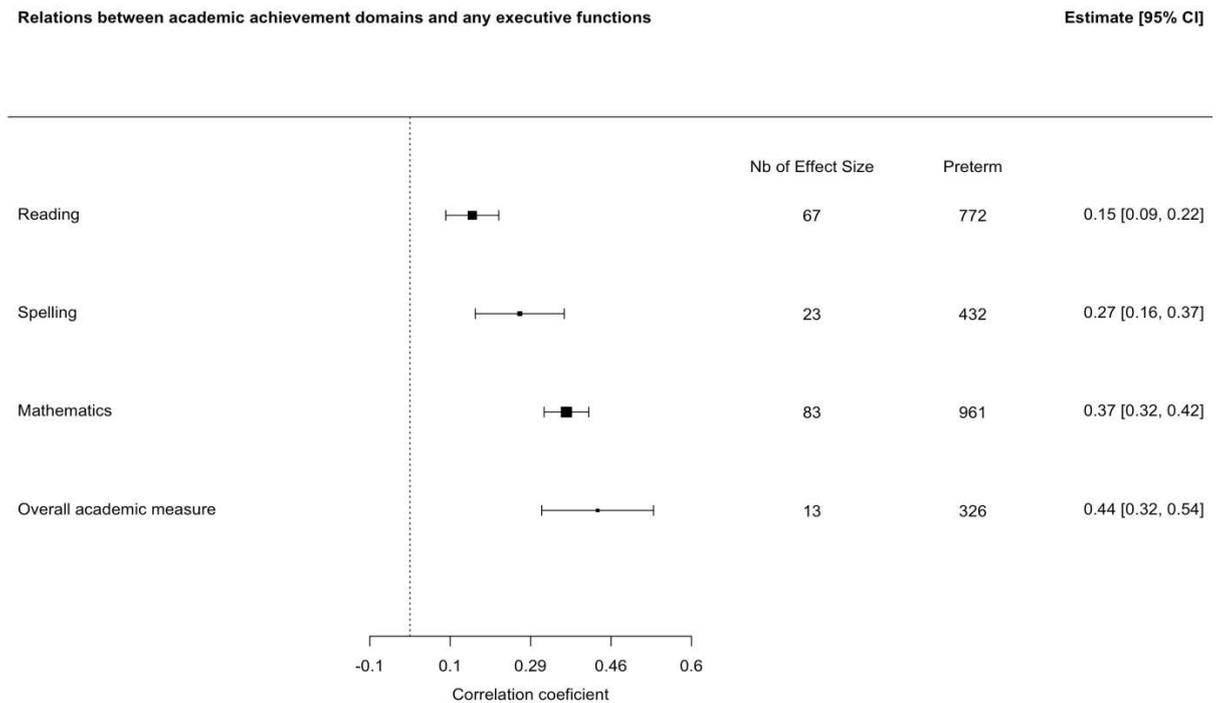
eFigure 4: Normal Q-Q plot for correlation meta-analysis



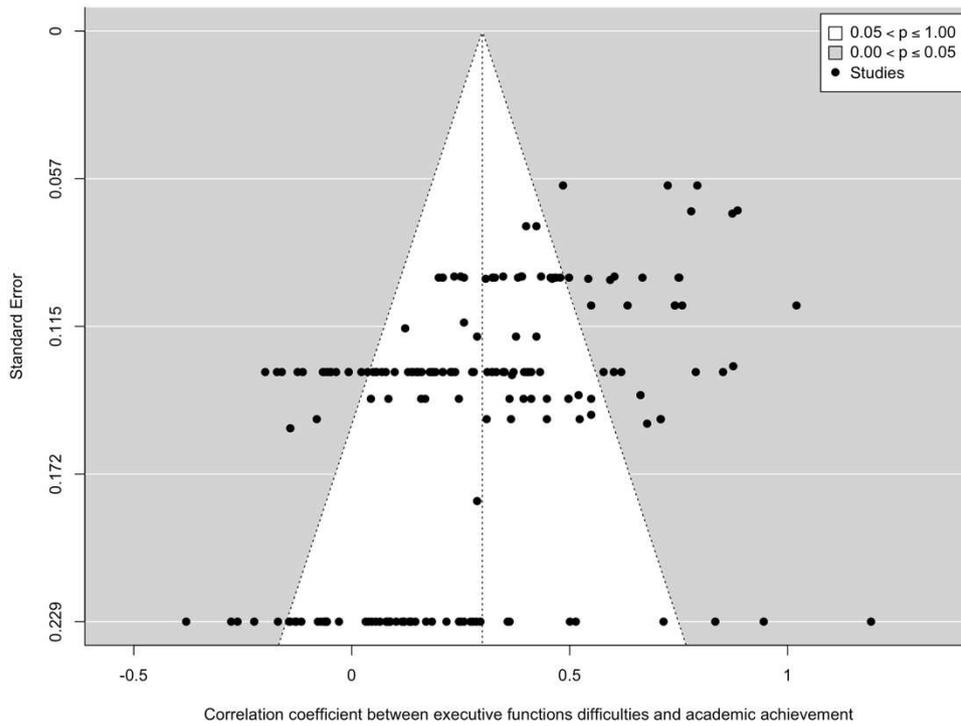
eFigure 5: Forest plot – Associations between executive functions domain and any academic achievement

In complement, we also have examined at the specific academic domain in relation to any executive functions measures ($Q[4] = 276.71$, $p < 0.001$, $I^2 = 73.9\%$, $\tau^2 = 0.05$).

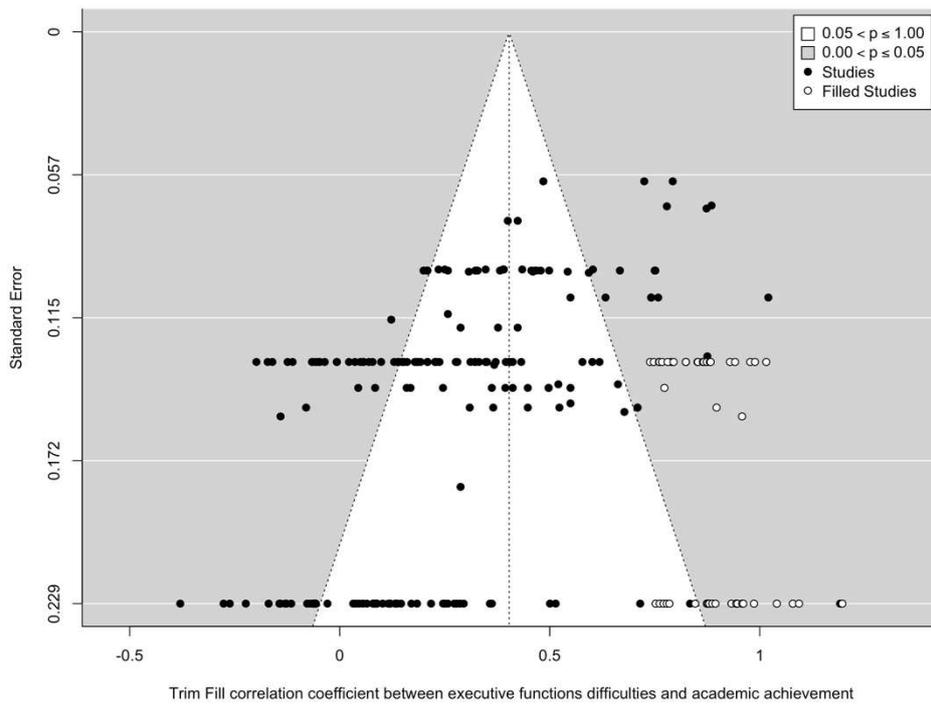
Regarding academic achievement, reading ($r = 0.15$, CI [0.09, 0.22], $p < 0.001$), spelling ($r = 0.27$, CI [0.16, 0.37], $p < 0.001$) and mathematics ($r = 0.37$, CI [0.32, 0.42], $p < 0.001$), as well as overall academic achievement ($r = 0.44$, CI [0.32, 0.54], $p < 0.001$) had small to moderate significant associations with executive functioning (see eFigure 6).



eFigure 6: Forest plot – Associations between academic achievement domain and any executive functions



eFigure 7: Funnel plot of standard errors by correlation coefficient



eFigure 8: Trim Fill Funnel plot of standard errors by correlation coefficient

Tables

eTable 11: Univariate meta-regression for correlations between executive functions and academic achievement according to moderators

Moderators	k	n ES	Q_M[1]	β	z	p	95% CI	R² Value
Gestational age	11	186	2.827	-0.020	-	.092	-0.043, 0.003	3.58
Birth weight	9	174	9.050	-0.0003	-3.017	.003	-0.005, -0.001	10.71
IQ	10	182	55.441	-0.031	-7.446	<.001	-0.039, -0.023	32.26
Year of birth	11	186	19.213	-0.019	-4.383	<.001	-0.027, -0.010	13.05
Age at assessment	11	186	0.041	0.003	0.203	.839	-0.026, 0.031	0.00
Sex – boys	10	176	30.175	-0.015	-5.988	<.001	-0.024, -0.012	28.42

In bold font, domains where moderators have a significant impact on relation.

Number of studies; **n ES**: Number of Effect Size; **Q_M[df]**: Test of Moderators [degree of freedom]

eTable 12: Stepwise multivariate meta-regression for correlations between executive functions and academic achievement according to moderators

Moderators	n ES	Q_M	β	z	p	95% CI
	174	Q_M[3] 325.967			<.001	
Gestational age			0.283	6.941	<.001	0.203, 0.363
Birth weight			-0.003	-7.675	<.001	-0.003, -0.002
Year of birth			-0.002	-5.987	<.001	-0.003, -0.002

In bold font, domains where moderators have a significant impact on relation.

n ES: Number of Effect Size; **Q_M[df]**: Test of Moderators [degree of freedom]

Annexe 3 – Lettre d’information version parents



Lettre d’information pour la participation au suivi à 7-8 ans dans le cadre de la recherche

« Impact du lait maternel sur le neuro-développement du nouveau-né prématuré »

Titre abrégé : « Etude Lactacol 01 »

Promoteur : CHU de Nantes

N° EudraCT/ Enregistrement : 2011-A00292-39

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
BUT DE LA RECHERCHE	2
DEROULEMENT DE LA RECHERCHE	2
RISQUES DE LA RECHERCHE	4
BENEFICES ATTENDUS DE LA RECHERCHE	4
FIN DE LA RECHERCHE	4
FRAIS SUPPLEMENTAIRES	4
VOS DROITS PENDANT LA RECHERCHE	5
VOS OBLIGATIONS PENDANT LA RECHERCHE	6
LE CADRE REGLEMENTAIRE	6
VOS CONTACTS :	6
EN RESUME	7

Madame, Monsieur,

Lors de l'admission de votre enfant né prématurément dans le service de Néonatalogie et Réanimation Pédiatrique du CHU de Nantes, vous avez accepté de participer à l'étude Lactacol 01 ayant pour but d'évaluer l'impact du lait maternel sur le neuro-développement du nouveau-né prématuré à court terme (2 ans).

Nous vous proposons de prolonger son suivi dans le cadre de cette recherche jusqu'à l'âge de 7-8 ans. La prolongation de ce suivi a pour but d'évaluer l'impact du lait maternel sur son développement à moyen terme (7-8 ans).

Le CHU de Nantes est le promoteur de cette recherche, c'est à dire qu'il en est responsable et qu'il l'organise.

➤ Le médecin, c'est-à-dire l'investigateur de l'étude, vous a donné des explications. Elles sont résumées dans ce document intitulé « lettre d'information ». Nous vous invitons à le lire attentivement et à prendre un délai de réflexion suffisant avant de vous décider.

➤ Si vous acceptez que votre enfant continue son suivi dans le cadre de cette recherche, il vous sera demandé de faire part de votre consentement oral. Ce consentement oral sera consigné dans le dossier médical de votre enfant.

BUT DE LA RECHERCHE

La recherche est réalisée sous la responsabilité du Centre Hospitalier Universitaire de Nantes.

Pour rappel, l'étude Lactacol 01 à laquelle vous avez accepté de participer lors de la naissance de votre enfant a pour but d'étudier l'effet de la nutrition néonatale (= du nouveau-né) basée sur l'utilisation du lait maternel. Les objectifs étaient de savoir si la « qualité nutritionnelle » de votre lait, appréciée d'abord par sa teneur en protéines, était susceptible d'influencer le développement de votre enfant né prématurément, à la fois sur le plan psychomoteur (quotient de développement estimé à l'âge de deux ans) et sur le plan staturo-pondéral (poids, taille, pourcentage de masse grasse pendant l'hospitalisation et lors du suivi ultérieur).

Nous envisageons un suivi des enfants inclus dans la recherche Lactacol 01 jusqu'à l'âge de 7-8 ans, notamment pour ce qui est des données staturo-pondérales (taille et poids), de composition corporelle et de statut métabolique. L'étude Lactacol 01 a été réalisée dans un contexte de programmation nutritionnelle, à savoir que la nutrition néonatale (= du nouveau-né) a un impact sur le développement de l'enfant à court terme (jusqu'à 2 ans) mais également à moyen terme. Avoir des données cliniques sur les enfants à 7-8 ans nous renseigne donc sur le développement à moyen-terme de votre enfant.

Ce suivi est réalisé dans le cadre du Réseau « Grandir Ensemble ».

DEROULEMENT DE LA RECHERCHE

Cette consultation à 7-8 se déroulera en deux temps : :

- Une consultation médicale avec un pédiatre du réseau « Grandir Ensemble » (durée 1 heure).
- Une consultation avec un neuropsychologue du CRTA (Centre de référence des troubles d'apprentissage) (durée 3h30).

Lors de la consultation médicale plusieurs examens seront réalisés :

- Une évaluation de la croissance staturo-pondérale de votre enfant avec des mesures anthropométriques (poids, taille, périmètre crânien) ainsi que la mesure de la pression artérielle.
- Une mesure de la masse grasse évaluée par pléthysmographie (BOD POD) et par un impédance-mètre (biodyXpert). Le BOD POD mesure la masse grasse par déplacement de l'air quand votre enfant est assis dans la grande « capsule ». Cet examen ne durera que 2 minutes (cf figure 1). Le BiodyXpert mesure la masse grasse grâce à un courant électrique de faible intensité en position assise. Votre enfant prend sa mesure lui-même. Il lui suffit de prendre l'appareil dans une main, de poser une des extrémités au niveau de la cheville et de déclencher la mesure par une pression avec le pouce (cf figure 2). La prise de mesure ne dure que quelques secondes.



Figure 1. BOD POD



Figure 2. Impédance-mètre

- Une mesure de la vitesse de l'onde de pouls évaluée à l'aide d'un pOpmètre®. Elle consiste à placer deux capteurs, sur le doigt et l'orteil de votre enfant, en position allongée, pendant 3 minutes.
- Une évaluation du comportement alimentaire par les questionnaires QCAJE (Questionnaire de Comportement Alimentaire du Jeune Enfant) et CEBQ (Questionnaire sur les comportements alimentaires de l'enfant). Ces 2 questionnaires sont à compléter par vos soins.
 - ✓ Le QCAJE est un questionnaire de comportement alimentaire du jeune enfant permettant d'évaluer 4 dimensions principales du comportement alimentaire :
 - l'appétit (petit mangeur ou bon appétit...),
 - l'intérêt pour la nourriture (content de passer à table, plaisir de manger...),
 - la néophobie alimentaire (aversion pour les aliments nouveaux),
 - la sélectivité (diversité).
 - ✓ Le CEBQ est également un questionnaire sur le comportement alimentaire des enfants comprenant 35 propositions, chacune notée sur une échelle de 0 à 5 allant de « Jamais » à « Toujours ». Le questionnaire est composé de huit échelles : réceptivité à la nourriture, suralimentation émotionnelle, plaisir de la nourriture, désir de boire, réceptivité à la satiété, lenteur à manger, sous-alimentation émotionnelle et agitation alimentaire. Ce questionnaire comporte également l'appétit et le comportement alimentaire de l'enfant.
- L'évaluation du développement de votre enfant ciblant le Quotient Intellectuel (QI), les fonctions exécutives et les aptitudes scolaires sera réalisée à l'aide de différents tests.

Cette évaluation sera réalisée par des tests standardisés et validés (WISC-V pour le quotient intellectuel, Batterie FÉE et BRIEF pour les fonctions exécutives et BMT-i et GSA pour l'évaluation des aptitudes scolaires). En complément de ces tests, une copie du Livret Scolaire Unique sera récupérée.

- ✓ Le WISC-V est le test d'intelligence pour enfants et adolescents qui possède la plus grande validité scientifique. Il permet de déterminer le QI de l'enfant ou de l'adolescent et le niveau des 5 composantes principales de l'intelligence cognitive :
 - l'indice de compréhension verbale,
 - l'indice visuo-spatial,
 - l'indice de raisonnement fluide,
 - l'indice de mémoire de travail,
 - l'indice de vitesse de traitement.
- ✓ La batterie FÉE propose une douzaine de tests psychométriques et deux questionnaires en langue française adaptés à des enfants de 7 à 16 ans et spécialement conçus à cet égard. Cette batterie neuropsychologique permet d'évaluer le fonctionnement exécutif des enfants au niveau de leur capacité de planification, d'inhibition, de flexibilité ainsi que de mémoire de travail.
- ✓ Le questionnaire BRIEF permet d'évaluer les différents aspects du dysfonctionnement exécutif et ses répercussions dans la vie quotidienne familiale ou scolaire. À cette fin, deux échelles distinctes seront utilisées, l'une à destination des parents, l'autre à destination des enseignants.

Les fonctions exécutives correspondent aux capacités nécessaires à une personne pour s'adapter à des situations nouvelles, c'est-à-dire non routinières.

Ce questionnaire évalue les comportements d'enfants et d'adolescents à partir de 86 questions regroupées en 8 échelles : inhibition, flexibilité, contrôle émotionnel, initiation, organisation matérielle, mémoire de travail, planification/organisation et contrôle. Ces échelles permettent au praticien, par l'analyse du profil, de repérer des dysfonctionnements exécutifs ayant un impact dans la vie quotidienne.

L'échelle à destination des enseignants leur sera adressée par voie postale avec un courrier explicatif et une enveloppe pré-timbrée afin qu'ils puissent nous retourner le questionnaire complété.

- ✓ La BMT-i est un outil informatisé rigoureusement validé. Elle est destinée à répondre aux besoins d'évaluation clinique « généraliste » des enfants :
 - langage écrit,
 - cognition mathématique,
 - fonctions verbales,
 - fonctions non verbales,
 - fonctions attentionnelles et exécutives.
- ✓ Le questionnaire GSA est destiné aux enseignants. Il a pour but de décrire les comportements de l'enfant en classe et de repérer d'éventuelles difficultés.

Ce questionnaire est individuel. Il comporte 20 questions. Elles explorent les domaines du langage, des compétences transversales, de la socialisation, de la motricité, de l'approche du nombre. Ce questionnaire sera adressé aux enseignants conjointement au questionnaire BRIEF-enseignants.

RISQUES DE LA RECHERCHE

Ce suivi ne présente aucun risque supplémentaire par rapport à la consultation classique qui serait proposée à votre enfant s'il ne participait pas à la recherche.

BENEFICES ATTENDUS DE LA RECHERCHE

Les résultats favoriseront le développement des connaissances dans le domaine de la santé et devront être confirmés, ensuite, par des études cliniques complémentaires, afin de permettre l'amélioration des pratiques de nutrition du prématuré.

FIN DE LA RECHERCHE

Si vous acceptez que votre enfant continue son suivi dans le cadre de cette recherche, il s'agira d'un acte volontaire. Vous pourrez à tout moment décider d'arrêter sa participation, sans pénalité ni préjudice. Dans ce cas, vous devez informer l'investigateur de votre décision.

Quelle que soit la raison de votre interruption, l'investigateur vous informera alors des mesures à suivre.

Dans tous les cas, la qualité de la prise en charge de votre enfant ne sera pas diminuée.

FRAIS SUPPLEMENTAIRES

Vos frais de déplacements pour cette consultation (transport et stationnement) seront remboursés par le CHU de Nantes, Promoteur de l'étude, sur présentation des justificatifs. Un document explicatif la procédure pour la prise en charge de vos frais de déplacements vous sera fourni.

Par ailleurs, un repas vous sera proposé pour vous et votre enfant ainsi qu'une collation pour votre enfant.

VOS DROITS PENDANT LA RECHERCHE**❖ SECRET PROFESSIONNEL**

Le personnel impliqué dans la recherche est soumis au secret professionnel, tout comme le médecin traitant de votre enfant.

Sauf avis contraire de votre part, le médecin traitant de votre enfant pourra être informé de sa participation.

❖ ACCES AUX DONNEES VOUS CONCERNANT - TRAITEMENT DES DONNEES - CONFIDENTIALITE

Dans le cadre de cette recherche, un traitement informatique des données personnelles de votre enfant a été mis en œuvre : cela permet d'analyser les résultats de la recherche et de remplir l'objectif de la recherche.

Pour cela, les données concernant votre enfant recueillies au cours de cette consultation seront recueillies dans un cahier électronique (eCRF) auquel aura accès le Promoteur de la recherche (CHU de Nantes).

Afin d'assurer leur confidentialité, ces données sont identifiées par un numéro de code et les initiales de votre enfant.

Les données de votre enfant pourront, dans des conditions assurant leur confidentialité, via des plateformes ou serveurs sécurisés, faire l'objet de transferts nationaux ou internationaux (comme, par exemple, aux personnes ou sociétés agissant pour le compte du CHU, aux autorités sanitaires habilitées) pour cette étude, ou pour d'autres recherches ultérieures, exclusivement à des fins scientifiques.

Au sein de l'Europe la protection des données de votre enfant est garantie (Règlement européen UE 2016/679). Hors Europe les données de votre enfant pourront être transmises dans des états n'ayant pas le même niveau d'exigence en termes de protection des données. Le cas échéant, le Promoteur prendra toutes les mesures nécessaires pour protéger les données recueillies et devra s'engager à assurer un niveau de sécurité équivalent à celui couvert par les lois françaises et européennes pour les données envoyées à l'étranger. Si vous le souhaitez, vous pouvez obtenir la copie de l'ensemble des mesures prises pour assurer l'ensemble de la protection de vos données auprès du Délégué à la Protection des Données (DPO) voir en fin de document, paragraphe « vos contacts ».

Les données de votre enfant seront susceptibles d'être exploitées dans le cadre de publications ou de communications ; dans ce cas votre anonymat sera préservé.

Conformément aux dispositions de la loi relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés (loi modifiée du 6 janvier 1978), de la loi n° 2018-493 du 20 juin 2018 relative à la protection des données personnelles et du Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (RGPD), vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, de portabilité, de limitation et d'opposition du traitement des données personnelles de votre enfant. Quant au droit d'effacement, si vous décidez de retirer votre consentement pour la participation de votre enfant à ce suivi, les données obtenues avant que celui-ci n'ait été retiré seront utilisées conformément à l'article L.1122-1-1 du CSP. Les données recueillies après le retrait de votre consentement ne seront pas utilisées pour cette recherche et resteront destinées à l'usage strict du soin. Vous pouvez également porter une réclamation auprès d'une autorité de contrôle (CNIL pour la France : <https://www.cnil.fr/fr/webform/adresser-une-plainte/>).

Ces données pourront être utilisées lors de recherches ultérieures exclusivement à des fins scientifiques. Vous pouvez retirer votre consentement à cette utilisation ultérieure ou exercer votre faculté d'opposition à tout moment.

Vous pouvez également accéder directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de votre choix à l'ensemble des données médicales de votre enfant en application des dispositions de l'article L 1111-7 du Code de la Santé Publique.

Les données de votre enfant seront conservées tout au long de la recherche. Après la fin de la recherche, les données seront archivées pour une durée conforme aux dispositions réglementaires, puis détruites.

Pour en savoir plus ou exercer vos droits concernant vos données, voir en fin de document, paragraphe « vos contacts ».

❖ **ACCES AUX RESULTATS GLOBAUX DE LA RECHERCHE**

A la fin de la recherche, et à votre demande, vous pourrez être informé(e) par l'investigateur des résultats globaux de cette recherche (dès qu'ils seront disponibles).

VOS OBLIGATIONS PENDANT LA RECHERCHE❖ **PROTECTION SOCIALE**

Pour pouvoir participer à cette recherche vous devez être affilié(e) ou bénéficier d'un régime de sécurité sociale.

LE CADRE REGLEMENTAIRE**Cette recherche est conforme :**

- Aux articles L. 1121-1 à L. 1126-12 du code de la santé publique relatifs aux recherches impliquant la personne humaine
- A la loi « Informatique et Libertés » du 6 janvier 1978 modifiée et la loi n° 2018-493 du 20 juin 2018 relative à la protection des données personnelles
- au Règlement (UE) 2016/679 du Parlement européen et du Conseil du 27 avril 2016 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données (RGPD)

Vous pouvez retrouver tous ces textes sur le site <http://www.legifrance.gouv.fr>

Conformément aux dispositions réglementaires :

- Le CHU de Nantes organise cette recherche en tant que « promoteur ». Il a souscrit un contrat d'assurance garantissant sa responsabilité civile et celle de tout intervenant auprès de la compagnie HDI Global SE (Contrat n°0100775930012 200013).
- Cette recherche a reçu l'avis favorable du Comité de Protection des Personnes Ouest I de Tours le 29/03/2012.

VOS CONTACTS :

Pour toute question concernant l'étude, retrait de consentement, ou pour exercer vos droits concernant vos données (accès, rectification, etc...), votre contact privilégié est :

L'investigateur coordonnateur de la recherche :

Dr Cécile BOSCHER

✉ Néonatalogie

Hôpital Mère-Enfant, 38 Boulevard Jean Monnet, 44093 Nantes Cedex

☎ 02.40.08.76.80

Pour toute question générale sur le traitement de vos données :

Le promoteur de la recherche, responsable du traitement :

CHU de Nantes, direction de la recherche

5 allée de l'Île Gloriette, 44093 NANTES Cedex 1

Le Délégué à la Protection des Données (DPO) :

vosdonneespersonnelles@chu-nantes.fr

EN RESUME...

La participation de votre enfant à ce suivi est libre. Vous pouvez refuser sa participation.

De plus, vous pouvez à tout moment retirer la participation de votre enfant à ce suivi, sans préjudice.

Si vous décidez de ne pas donner votre accord ou si vous décidez d'arrêter la participation de votre enfant pendant le suivi :

- cela n'aura aucune conséquence sur la qualité des soins qui lui seront donnés.
- vous devez simplement en informer l'investigateur.

Lorsque vous aurez lu cette note d'information et obtenu les réponses aux questions que vous vous posez en interrogeant l'investigateur (Dr Cécile BOSCHER), il vous sera proposé, si vous en êtes d'accord, de donner votre consentement oral.

Vous pouvez prendre votre temps avant de nous donner votre réponse.

Vous disposez d'un délai de réflexion pour prendre votre décision, à partir de la remise de cette note d'information.

Au cours de ce délai de réflexion, vous pouvez bien entendu continuer par téléphone à poser toutes les questions que vous souhaitez à l'investigateur (Dr Cécile BOSCHER – Tél. : 02.40.08.76.80).

Nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

**Dr Cécile BOSCHER, médecin coordonnateur et investigateur principal,
et toute l'équipe médicale en charge de cette recherche**

Vous devez conserver un exemplaire de ce document.

Annexe 4 – Lettre d’information version enfants

Lettre d’information enfant pour la participation au suivi à 7-8 ans dans le cadre de la recherche

« Impact du Lait Maternel sur le Neuro-développement du Nouveau-né Prématuré »

Protocole LACTACOL 01 – Version n°3 du 14/04/2021

Médecin investigateur

Nom : BOSCHER Cécile

Service : Réanimation néonatale et Néonatalogie

Adresse: CHU - 38 boulevard Jean-Monnet 44093 Nantes Cedex 1

Téléphone : 02 40 08 76 80

Responsable de la recherche

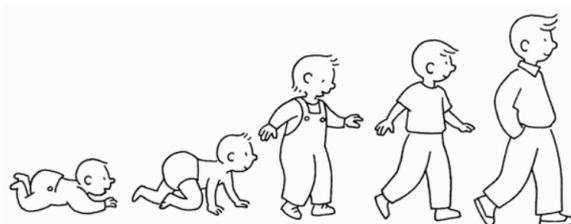
Nom : CHU de Nantes

Adresse : 5 allée de l’île Gloriette, 44 093 NANTES

Bonjour,

Tu es un enfant né prématurément et lors de ta naissance, le service de Néonatalogie et Réanimation Pédiatrique du CHU de Nantes a proposé à tes parents de participer à l’étude Lactacol 01 ayant pour but d’évaluer l’impact du lait maternel sur ton développement et ta croissance.

Tes parents ayant donné leur accord pour participer à cette recherche, tu as été suivi(e) pendant 2 ans et au cours de ce suivi, les médecins ont recueilli des données sur ton développement et ta croissance (la façon dont tu grandis au niveau de ta taille et de ton poids).



Afin d’avoir un suivi plus long de ton développement et de ta croissance, nous avons prolongé la durée de suivi en ajoutant une visite à 7-8 ans. Cette consultation est réalisée dans le cadre du Réseau « Grandir Ensemble » dans lequel tu es suivi(e).

Sais-tu que tu n’es pas seul(e) et que d’autres enfants vont participer à cette même visite que celle que nous te proposons aujourd’hui ?

Avant de te demander ton avis, on va t’expliquer comment va se dérouler cette visite et tu pourras poser toutes les questions que tu veux.

Déroulement de la visite

• Le médecin va mesurer ta taille, ton poids, le tour de ta tête et la pression du sang dans ton corps. Pour mesurer la pression du sang dans ton corps, le médecin va utiliser un appareil qui va serrer un peu ton bras mais cela n'est pas douloureux.



• Le médecin va ensuite te demander de t'asseoir dans une grande « capsule » qui s'appelle un BOD POD. Tu te sentiras peut-être un peu enfermé(e) mais cela ne durera que quelques minutes. Cet examen permettra de mesurer le pourcentage de masse grasse (voir la figure 1 ci-dessous). Ta composition corporelle sera également mesurée grâce à un impédance-mètre. C'est un appareil de mesure que tu placeras au niveau de ta cheville et tu déclencheras la mesure par une pression avec le pouce (voir figure 2 ci-dessous). La prise de mesure ne dure que quelques secondes.

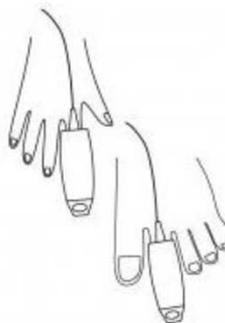


Figure 1. BOD POD



Figure 2. Impédance-mètre

• Le médecin va ensuite placer deux petits capteurs sur ton doigt et ton orteil et tu devras rester allongé(e) pendant 3 minutes afin qu'il mesure la vitesse de l'onde de pouls c'est-à-dire la vitesse à laquelle le pouls se propage le long de ton aorte (le plus gros vaisseau sanguin de ton corps). Cette mesure est réalisée grâce à un appareil appelé pOpmètre.



• Il te sera ensuite demandé de répondre à des questions pour évaluer ton développement de ton cerveau. Un neuropsychologue sera avec toi pour t'aider à répondre à ces questions. La durée de passation de ces tests sera de 3 heures. Il sera également demandé à tes parents de remplir des questionnaires. Il sera également demandé à ton instituteur ou ton institutrice de répondre à 2 questionnaires qui lui seront envoyés par courrier.

Tu n'es pas obligé(e) de participer à cette visite si tu n'en as pas envie. Tu peux arrêter l'étude à tout moment et personne ne t'en voudra. Ton docteur continuera à te suivre. Tu peux poser des questions sur cette étude à n'importe quel moment.

Es-tu d'accord pour qu'on fasse ces examens (*entoure ta réponse*) ? Oui Non

Annexe 5 – fiche d'inclusion de la thèse

FICHE D'INCLUSION

Identification	
Clinicien (nom, prénom)	_____ _____
Date d'inclusion	___ / ___ / ___
Identifiant enfant	_ _ _ _ _ _ _
Initiales enfant <i>(indiquer les 3 premières lettres du nom et du prénom)</i>	Nom : _ _ _ Prénom : _ _ _
Date de naissance	___ / ___ / ___ (jour/mois/année)
Âge au moment de l'évaluation <i>(1^{ère} séance)</i>	___ / ___ (ans/mois)
Sexe	Masculin Féminin

Données familiales	
Profession des parents (ou tuteurs légaux)	- Mère : _____ - Père : _____
Niveau d'étude des parents	- Mère : _____ - Père : _____
Nombre d'enfants dans la fratrie	_ _
Antécédents de troubles d'apprentissage dans la famille <i>(préciser, essentiellement parents et grands parents)</i>	_____ _____ _____ _____

Développement - santé	
Problème particulier pendant la grossesse ou l'accouchement	Oui Non Si oui, préciser : _____ _____
Retard à l'apparition...	Langage oral : Oui Non Si oui, préciser : _____ Motricité : Oui Non Si oui, préciser : _____ Autre : Oui Non Si oui, préciser : _____ _____
Traitement médicamenteux (actuellement)	Oui Non Si oui, préciser le(s) nom (s) commercial (aux) et le dosage actuel: - _____ - _____ - _____

Scolarité – prises en charge

Classe actuelle	Milieu ordinaire : _____		
	Ou Milieu spécialisé : _____		
Redoublement(s)	OUI NON	Si oui, préciser classe(s) : : _____	
Saut(s) de classe	OUI NON	Si oui, préciser classe(s) : : _____	
Aides scolaires	OUI NON	Si oui, préciser :	
	<u>Nature</u> (RASED, AVSI, SESSAD,...)	<u>Classe/Durée</u> (préciser la période)	<u>Fréquence</u> (2 heures/semaine, etc.)
Aides extra-scolaires	OUI NON	Si oui, préciser :	
	<u>Nature</u> (psychologue, orthophoniste, etc.)	<u>Classe/Durée</u> (préciser la période)	<u>Fréquence</u> (2 heures/semaine, etc.)

Critères d'inclusion

Prématurité	OUI	NON
Âge compris entre 7 et 16 ans	OUI	NON

Cocher une case « non » signifie que le patient ne peut pas être inclus

Critères d'exclusion

Antécédents de pathologie neurologique diagnostiquée	OUI	NON
Antécédents de pathologie psychiatrique diagnostiquée	OUI	NON
Trouble sensoriel (auditif, visuel) incompatible avec la réalisation des tests	OUI	NON
Maîtrise insuffisante de la langue française	OUI	NON
Absence de consentement des parents (ou du tuteur légal)	OUI	NON
Prise médicamenteuse (méthylphénidate) 48 heures avant la passation du protocole	OUI	NON

Cocher une case « oui » signifie que le patient ne peut pas être inclus

Informations complémentaires

Sévérité de la prématurité	Légère	Grande	Très grande
AG (en SA)	_ _		
PN (en g)	_ _ _ _		
Taille à la naissance (en cm)	_ _		
Périmètre crânien à la naissance (en cm)	_ _		
Complications néonatales (notamment réanimation)	----- ----- -----		
Corticothérapie	OUI	NON	
Durée hospitalisation (en jours)	_ _		
Grossesse multiple	OUI	NON	

Annexe 6 - Influence des facteurs périnataux et sociodémographiques – Détails

Les Facteurs périnataux

- a) Selon le sexe
- b) Selon l'âge gestationnel
- c) Selon le poids de naissance
- d) Selon la présence d'un retard de croissance intra-utérin

Les facteurs sociodémographiques

- e) Selon le niveau d'étude de la mère
- f) Selon le niveau d'étude du père
- g) Selon le niveau d'étude des deux parents
- h) Selon les antécédents familiaux de TND
- i) Selon les retards identifiés par les parents ou un professionnel
- J) Selon les besoins d'enseignement spécialisés
- k) Selon les besoins d'aides paramédicales ou psychologiques
- l) Selon les demandes « à priori » d'évaluation neuropsychologique

Les facteurs périnataux

a) Selon le sexe

Le groupe d'étude est composé de 23 filles (AG : 31,9 SA [ET : 1,94] ; PN : 1529g [ET : 329,97]) et 33 garçons (AG : 31,1 SA [ET : 1,61] ; PN : 1572g [ET : 339,15]). Les garçons avaient un AG plus faible que les filles ($p = 0,045$) mais le PN ne présentait pas de différences significatives ($p = 0,643$). L'ensemble des résultats sont recensés dans les Tableau annexe 43 et Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Tableau annexe 44. Il n'existe pas de différence significative entre les garçons et les filles sur l'ensemble des résultats aux épreuves. En revanche, les difficultés rapportées à la BRIEF par les parents concernent majoritairement les garçons. Les autres sources de difficultés ne sont pas influencées significativement par le sexe et notamment le fait d'avoir un *Trouble des FE* (OR : 1,96 ; IC 95% : 0,62 ; 6,78 ; $p = 0,265$) ou un *TA* (OR : 1,51 ; IC 95% : 0,52 ; 4,55 ; $p = 0,453$). La différence d'AG entre les groupes ne semble pas impacter les résultats.

Tableau annexe 43: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon le sexe

SEXE	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	p	d	d [ICd]
QIT	F	23	107,04	10,81	Student	0,013	54	0,99	0,01	-0,53 ; 0,54
	G	33	107	13,77						
Inhibition	F	23	0,72	0,91	Mann-Whitney	368		0,852	-0,02	-0,55 ; 0,51
	G	33	0,74	0,99						
MT	F	23	1	1,27	Mann-Whitney	389,5		0,872	0,15	-0,39 ; 0,68
	G	33	0,83	1,10						
Flexibilité	F	23	1,87	1,57	Mann-Whitney	414		0,57	0,14	-0,39 ; 0,68
	G	33	1,64	1,55						
Planification	F	22	1,61	1,94	Mann-Whitney	346,5		0,78	0,14	-0,40 ; 0,68
	G	33	1,36	1,84						
CEG parent	F	23	48,7	10,39	Mann-Whitney	284		0,113	-0,46	-1 ; 0,08
	G	33	54,27	13,244						
CEG Enseignant	F	23	51,22	18,26	Mann-Whitney	364		0,952	-0,13	-0,66 ; 0,41
	G	32	53,28	14,99						

Notes. **F** : Fille ; **G** : Garçon ; **CEG** : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Tableau annexe 44: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon le sexe

SEXE	Groupe	n	%	χ^2	ddl	p
Difficultés Inhibition (n= 11)	F	6	26,1	1,027	1	0,311
	G	5	15,2			
Difficultés MT (n= 12)	F	6	26,1	0,503	1	0,478
	G	6	18,2			
Difficultés Flexibilité (n= 29)	F	12	52,2	0,002	1	0,961
	G	17	51,5			
Difficultés Planification (n= 21)	F	9	40,1	0,116	1	0,734
	G	12	36,4			
Difficultés CEG parent (n= 13)	F	2	8,7	4,615	1	0,032
	G	11	33,3			
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	F	3	13	0,318	1	0,573
	G	6	18,8			
Difficultés Lecture (n= 26)	F	9	39,1	0,836	1	0,361
	G	17	51,5			
Difficultés Orthographe (n= 40)	F	16	69,6	0,066	1	0,797
	G	24	72,7			
Difficultés Calcul (n= 25)	F	8	34,8	1,536	1	0,215
	G	17	51,5			
Difficultés LSU (n= 29)	F	10	45,5	1,302	1	0,254
	G	19	61,3			
Trouble des FE (n= 17)	F	5	21,7	1,371	1	0,242
	G	12	36,4			
Trouble d'Apprentissage (n=25)	F	9	40,9	0,592	1	0,442
	G	16	51,6			

Notes. CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; FE : Fonctions exécutives ; LSU : Livret scolaire unique ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

b) Selon l'âge gestationnel

L'échantillon a été scindé en deux groupes selon l'AG. Le premier groupe « < 32 SA » regroupe les 31 enfants les plus vulnérables c'est-à-dire ceux avec un AG inférieur à 32 SA. Pour ce groupe, l'AG moyen est de 30 SA (ET :1,3 ; 27⁺⁶ – 31⁺⁶). Le second groupe « 32-34 SA » est composé des 25 enfants nés après 32 SA. L'AG moyen est de 33 SA (32⁺¹ – 34⁺⁶). Les deux groupes différaient significativement l'un de l'autre sur cette dimension ($p > 0,001$). L'ensemble des résultats disponibles sont dans les Tableau annexe 45 et 4.

Tableau annexe 45: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon l'âge gestationnel

AG	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [IC _d]
QIT	< 32 SA	31	106,61	14,65	Student	-0,267	54	0,79	-0,07	-0,60 ; 0,46
	32-34 SA	25	107,52	9,55						
Inhibition	< 32 SA	31	0,62	0,88	Mann-Whitney	354,5		0,585	-0,26	-0,79 ; 0,27
	32-34 SA	25	0,87	1,03						
MT	< 32 SA	31	0,90	1,30	Mann-Whitney	329		0,332	-0,02	-0,55 ; 0,50
	32-34 SA	25	0,92	0,10						
Flexibilité	< 32 SA	31	1,62	1,57	Mann-Whitney	347		0,508	-0,16	-0,69 ; 0,37
	32-34 SA	25	1,87	1,54						
Planification	< 32 SA	31	1,68	2,04	Mann-Whitney	427		0,346	0,27	-0,27 ; 0,80
	32-34 SA	24	1,18	1,63						
CEG parent	< 32 SA	31	51,81	12,79	Mann-Whitney	390,5		0,967	-0,03	-0,56 ; 0,50
	32-34 SA	25	52,20	12,07						
CEG Enseignant	< 32 SA	30	52,33	18,78	Mann-Whitney	358		0,78	-0,01	-0,54 ; 0,52
	32-34 SA	25	52,52	13,12						

Notes. AG : Âge gestationnel ; SA : Semaines d'aménorrhées

CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Sur l'ensemble des variables d'étude, la catégorie d'AG ne permet pas de différencier les performances des patients inclus. Les analyses de régressions logistiques univariées montrent que la catégorie d'AG ne permet ni de prédire la présence de *TA* ($OR : 0,83$; $IC 95\% : 0,26 ; 2,54$; $p = 0,746$) ni celle de *Troubles des FE* ($OR : 0,68$; $IC 95\% : 0,23 ; 1,97$; $p = 0,475$).

Tableau annexe 46: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon l'âge gestationnel

AG	Groupe	n	%	χ^2	ddl	P
Difficultés Inhibition (n= 11)	< 32 SA	5	16,1	0,543	1	0,461
	32-34 SA	6	24			
Difficultés MT (n= 12)	< 32 SA	7	22,6	0,055	1	0,815
	32-34 SA	5	20			
Difficultés Flexibilité (n= 29)	< 32 SA	15	48,4	0,321	1	0,571
	32-34 SA	14	56			
Difficultés Planification (n= 21)	< 32 SA	14	45,2	1,466	1	0,226
	32-34 SA	7	29,2			
Difficultés CEG parent (n= 13)	< 32 SA	7	22,6	0,016	1	0,900
	32-34 SA	6	24			
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	< 32 SA	6	20	0,638	1	0,425
	32-34 SA	3	12			
Difficultés Lecture (n= 26)	< 32 SA	16	51,6	0,750	1	0,386
	32-34 SA	10	40			
Difficultés Orthographe (n= 40)	< 32 SA	22	71	0,007	1	0,932
	32-34 SA	18	72			
Difficultés Calcul (n= 25)	< 32 SA	15	48,4	0,394	1	0,530
	32-34 SA	10	40			
Difficultés LSU (n= 29)	< 32 SA	17	58,6	0,394	1	0,530
	32-34 SA	12	50			
Trouble des FE (n= 17)	< 32 SA	10	32,3	0,119	1	0,730
	32-34 SA	7	28			
Trouble d'Apprentissage (n=25)	< 32 SA	15	51,7	0,533	1	0,465
	32-34 SA	10	41,7			

Notes. AG : Âge gestationnel ; SA : Semaines d'aménorrhées

CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; FE : Fonctions exécutives ; LSU : Livret scolaire unique ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

c) Selon le poids de naissance

L'échantillon a été partagé en deux groupes selon le PN. Le premier groupe « < 1500g » comprend les 23 enfants les plus vulnérables c'est-à-dire ceux avec un PN inférieur à 1500 g. Pour ce groupe, le PN moyen est de 1223g (ET : 182,7 ; 805 – 1495). Le second groupe « $\geq 1500g$ » est composé des 33 enfants nés avec un PN $\geq 1500g$ et < 2500g. Le PN

moyen est de 1786g (ET : 182,9 ; 1500 – 2170). Les PN de chaque groupe étaient significativement différents ($p < 0,001$). L'ensemble des résultats sont présentés dans le Tableau annexe 47 le Tableau annexe 48.

Tableau annexe 47: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon le poids de naissance

PN	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	< 1500g	23	107,26	15,37	Student	0,12	54	0,905	0,03	-0,50 ; 0,56
	≥ 1500g	33	106,85	10,37						
Inhibition	< 1500g	23	0,67	1,00	Mann-Whitney	345,5		0,570	-0,10	-0,63 ; 0,43
	≥ 1500g	33	0,77	0,93						
MT	< 1500g	23	0,90	1,29	Mann-Whitney	348,5		0,606	0	-0,53 ; 0,53
	≥ 1500g	33	0,90	1,09						
Flexibilité	< 1500g	23	1,64	1,79	Mann-Whitney	325		0,366	-0,10	-0,63 ; 0,43
	≥ 1500g	33	1,80	1,38						
Planification	< 1500g	23	1,83	2,20	Mann-Whitney	403		0,549	0,34	-0,20 ; 0,87
	≥ 1500g	32	1,20	1,58						
CEG parent	< 1500g	23	50,70	11,61	Mann-Whitney	345,5		0,577	-0,18	-0,71 ; 0,36
	≥ 1500g	33	52,88	12,96						
CEG Enseignant	< 1500g	23	55,87	17,49	Mann-Whitney	423,5		0,348	0,37	-0,18 ; 0,91
	≥ 1500g	32	49,94	15,19						

Notes. PN : Poids de naissance

CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

Les résultats montrent qu'il n'existe pas de différence dans les performances selon la catégorie de PN. Les enfants du groupe « <-1500g » n'ont pas plus de difficultés ou de *Troubles des FE* ou de *TA* que ceux nés avec un faible PN. Les régressions univariées mettent en évidence que la catégorie de PN ne permet pas prédire les *Troubles des FE* ($OR : 1,38 ; IC\ 95\% : 0,44 ; 4,52 ; p = 0,585$) ou les *TA* ($OR : 0,83 ; IC\ 95\% : 0,28 ; 2,43 ; p = 0,731$).

Tableau annexe 48: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon le poids de naissance

PN	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>p</i>
Difficultés Inhibition (n= 11)	< 1500g	5	21,7	0,109	1	0,742
	≥ 1500g	6	18,2			
Difficultés MT (n= 12)	< 1500g	5	21,7	0,002	1	0,962
	≥ 1500g	7	21,2			
Difficultés Flexibilité (n= 29)	< 1500g	11	47,8	0,245	1	0,621
	≥ 1500g	18	54,6			
Difficultés Planification (n= 21)	< 1500g	12	52,2	3,279	1	0,070
	≥ 1500g	9	28,1			
Difficultés CEG parent (n= 13)	< 1500g	3	13,1	2,265	1	0,132
	≥ 1500g	10	30,3			
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	< 1500g	5	21,7	0,835	1	0,361
	≥ 1500g	4	12,5			
Difficultés Lecture (n= 26)	< 1500g	10	43,5	0,137	1	0,712
	≥ 1500g	16	48,5			
Difficultés Orthographe (n= 40)	< 1500g	14	60,9	2,132	1	0,144
	≥ 1500g	26	78,8			
Difficultés Calcul (n= 25)	< 1500g	9	39,1	0,480	1	0,488
	≥ 1500g	16	48,5			
Difficultés LSU (n= 29)	< 1500g	13	59,1	0,290	1	0,590
	≥ 1500g	16	51,6			
Trouble des FE (n= 17)	< 1500g	6	26,1	0,337	1	0,562
	≥ 1500g	11	33,3			
Trouble d'Apprentissage (n=25)	< 1500g	11	50	0,121	1	0,728
	≥ 1500g	14	45,2			

Notes. PN : Poids de naissance

CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

d) Selon la présence d'un retard de croissance intra-utérin

Parmi les enfants de l'échantillon, 9 (16,1 %) sont nés avec un RCIU. Ces enfants se différencient par un PN plus faible 1251g (ET : 220,1 ; 960 – 1605) que le reste de la cohorte (1612g [ET : 320,5 ; 805 – 2170]) ($p = 0,002$). Les deux groupes avaient un AG qui n'était pas significativement différent (RCIU : 31,4 SA [ET : 1,8] ; Non RCIU : 31,9 SA [ET : 1,5] ; $p = 0,378$). Les Tableau 49 et Tableau 50 regroupent l'ensemble des résultats.

Tableau 49: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon la présence de RCIU

RCIU	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	47	106,09	12,61	Student	-1,28	54	0,206	-0,47	-1,18 ; 0,26
	RCIU	9	111,89	11,53						
Inhibition	Non	47	0,81	1,01	Mann-Whitney	273		0,166	0,54	-0,18 ; 1,26
	RCIU	9	0,31	0,37						
MT	Non	47	0,78	1,06	Mann-Whitney	158,5		0,235	-0,64	-1,36 ; 0,08
	RCIU	9	1,52	1,52						
Flexibilité	Non	47	1,79	1,50	Mann-Whitney	258,5		0,298	0,21	-0,51 ; 0,92
	RCIU	9	1,46	1,88						
Planification	Non	46	1,46	1,93	Mann-Whitney	188,5		0,677	-0,08	-0,72 ; 0,71
	RCIU	9	1,47	1,62						
CEG parent	Non	47	53,40	12,79	Mann-Whitney	300,5		0,048	0,74	0,01 ; 1,46
	RCIU	9	44,56	5,98						
CEG Enseignant	Non	46	53,00	17,26	Mann-Whitney	227,5		0,649	0,22	-0,50 ; 0,93
	RCIU	9	49,44	10,32						

Notes. RCIU : Retard de croissance intra-utérin

CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

La présence de RCIU n'avait pas impacté les scores de QI et de la FÉE. Si les scores moyen à la BRIEF parent était plus faible en cas de RCIU, ils ne forment pas plus de plaintes que les autres parents. Le RCIU n'impactait pas les résultats à la BRIEF enseignant.

Les enfants nés avec un RCIU n'ont pas plus de *Trouble des FE* ou de *TA*. Les régressions univariées montre la présence d'un RCIU que ne permet pas prédire les *Troubles des FE* ($OR : 0,34 ; IC\ 95\% : 0,03 ; 1,70 ; p = 0,245$) ou les *TA* ($OR : 0,37 ; IC\ 95\% : 0,06 ; 1,62 ; p = 0,192$)

Tableau 50: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon la présence d'un RCIU

RCIU (n = 9)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>p</i>																																																																																																										
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	11	23,4	2,621	1	0,105																																																																																																										
	RCIU	0	0				Difficultés MT (n= 12)	Non	8	17	3,374	1	0,066	RCIU	4	44,4	Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	26	55,3	1,462	1	0,227	RCIU	3	33,3	Difficultés Planification (n= 21)	Non	16	34,8	1,376	1	0,241	RCIU	5	55,6	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	13	27,7	3,242	1	0,072	RCIU	0	0	Difficultés GSA 7 ans (n= 9)	Non	9	23,1	1,731	1	0,188	RCIU	0	0	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	24	51,1	2,526	1	0,112	RCIU	2	22,2	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050	RCIU	4	44,4	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1
Difficultés MT (n= 12)	Non	8	17	3,374	1	0,066																																																																																																										
	RCIU	4	44,4				Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	26	55,3	1,462	1	0,227	RCIU	3	33,3	Difficultés Planification (n= 21)	Non	16	34,8	1,376	1	0,241	RCIU	5	55,6	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	13	27,7	3,242	1	0,072	RCIU	0	0	Difficultés GSA 7 ans (n= 9)	Non	9	23,1	1,731	1	0,188	RCIU	0	0	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	24	51,1	2,526	1	0,112	RCIU	2	22,2	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050	RCIU	4	44,4	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25						
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	26	55,3	1,462	1	0,227																																																																																																										
	RCIU	3	33,3				Difficultés Planification (n= 21)	Non	16	34,8	1,376	1	0,241	RCIU	5	55,6	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	13	27,7	3,242	1	0,072	RCIU	0	0	Difficultés GSA 7 ans (n= 9)	Non	9	23,1	1,731	1	0,188	RCIU	0	0	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	24	51,1	2,526	1	0,112	RCIU	2	22,2	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050	RCIU	4	44,4	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																
Difficultés Planification (n= 21)	Non	16	34,8	1,376	1	0,241																																																																																																										
	RCIU	5	55,6				Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	13	27,7	3,242	1	0,072	RCIU	0	0	Difficultés GSA 7 ans (n= 9)	Non	9	23,1	1,731	1	0,188	RCIU	0	0	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	24	51,1	2,526	1	0,112	RCIU	2	22,2	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050	RCIU	4	44,4	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																										
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	13	27,7	3,242	1	0,072																																																																																																										
	RCIU	0	0				Difficultés GSA 7 ans (n= 9)	Non	9	23,1	1,731	1	0,188	RCIU	0	0	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	24	51,1	2,526	1	0,112	RCIU	2	22,2	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050	RCIU	4	44,4	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																																				
Difficultés GSA 7 ans (n= 9)	Non	9	23,1	1,731	1	0,188																																																																																																										
	RCIU	0	0				Difficultés Lecture (n= 26)	Non	24	51,1	2,526	1	0,112	RCIU	2	22,2	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050	RCIU	4	44,4	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																																														
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	24	51,1	2,526	1	0,112																																																																																																										
	RCIU	2	22,2				Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050	RCIU	4	44,4	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																																																								
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	36	76,6	3,826	1	0,050																																																																																																										
	RCIU	4	44,4				Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140	RCIU	2	22,2	Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																																																																		
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	23	48,9	2,181	1	0,140																																																																																																										
	RCIU	2	22,2				Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288	RCIU	3	37,5	Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																																																																												
Difficultés LSU (n= 29)	Non	26	57,8	1,127	1	0,288																																																																																																										
	RCIU	3	37,5				Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170	RCIU	1	11,1	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																																																																																						
Trouble des FE (n= 17)	Non	16	34,0	1,879	1	0,170																																																																																																										
	RCIU	1	11,1				Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173	RCIU	2	25																																																																																																
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	23	51,1	1,858	1	0,173																																																																																																										
	RCIU	2	25																																																																																																													

Notes. RCIU : Retard de croissance intra-utérin

CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Les facteurs sociodémographiques

Afin d'étudier les différences selon le niveau d'étude parental, il a été considéré le fait que les parents aient validé ou non des études supérieures à Bac +2.

e) Selon le niveau d'étude de la mère

Dans l'échantillon, 29 patients ont une mère qui a fait des études supérieures à Bac + 2 (51,8%). Ils ont un AG de 31,8 SA (ET : 1,77) et un PN de 1511g (ET : 353,72). Ils ne présentent pas de différences significatives avec les 27 patients dont les mères ont un niveau inférieur à Bac +2 (AG : 31,1 SA ; ET : 1,75 [$p = 0,178$] et PN : 1601g ; ET : 309 [$p = 0,385$]). Les résultats aux épreuves sont présentés dans le Tableau annexe 51 et le Tableau annexe 52 qui regroupe les données sur la répartition des difficultés exécutives et scolaires selon le niveau d'éducation de la mère.

Tableau annexe 51: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon le niveau d'étude de la mère

Études sup Mère	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	27	101,85	11,09	Student	-3,220	54	0,002	-0,86	-1,41 ; -0,31
	Niv Sup	29	111,83	12,03						
Inhibition	Non	27	1,03	1,13	Mann-Whitney	505,50		0,058	0,63	0,09 ; 1,165
	Niv Sup	29	0,45	0,66						
MT	Non	27	1,03	1,16	Mann-Whitney	487		0,112	0,22	-0,31 ; 0,74
	Niv Sup	29	0,78	1,18						
Flexibilité	Non	27	2,17	1,59	Mann-Whitney	536		0,018	0,57	0,03 ; 1,10
	Niv Sup	29	1,33	1,41						
Planification	Non	26	1,84	2,13	Mann-Whitney	454		0,189	0,39	-0,15 ; 0,92
	Niv Sup	29	1,12	1,57						
CEG parent	Non	27	54,41	12,51	Mann-Whitney	490		0,108	0,38	-0,15 ; 0,91
	Niv Sup	29	49,72	12,00						
CEG Enseignant	Non	26	55,12	19,40	Mann-Whitney	467		0,131	0,31	-0,22 ; 0,85
	Niv Sup	29	50	12,80						

Notes. **Étud sup Mère** : Études supérieures à Bac+2 de la mère ; **Niv Sup** : Niveau supérieur

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Tableau annexe 52: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon le niveau d'étude de la mère

Études sup Mère (n= 29)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>p</i>
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	9	33,3	6,191	1	0,013
	Niv Sup	2	6,9			
Difficultés MT (n= 12)	Non	6	22,2	0,020	1	0,889
	Niv Sup	6	20,7			
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	18	66,7	4,624	1	0,032
	Niv Sup	11	37,9			
Difficultés Planification (n= 21)	Non	11	42,3	0,356	1	0,551
	Niv Sup	10	34,5			
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	8	29,6	1,204	1	0,273
	Niv Sup	5	17,2			
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	6	23,1	1,624	1	0,203
	Niv Sup	3	10,3			
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	15	55,6	1,746	1	0,186
	Niv Sup	11	37,9			
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	23	85,2	4,835	1	0,028
	Niv Sup	17	58,6			
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	18	66,7	10,233	1	0,001
	Niv Sup	7	24,1			
Difficultés LSU (n= 29)	Non	18	69,2	4,339	1	0,037
	Niv Sup	11	40,7			
Trouble des FE (n= 17)	Non	11	40,7	2,659	1	0,103
	Niv Sup	6	20,7			
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	69,2	9,968	1	0,002
	Niv Sup	7	25,9			

Notes. **Études sup Mère** : Études supérieures à Bac+2 de la mère

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Les enfants de mères avec un niveau d'étude supérieur à Bac +2 ont des scores de QIT supérieurs (+ 10 points) et moins de difficulté dans les processus de flexibilité avec taille d'effet modérée. Les autres dimensions exécutives ne montrent pas de différence significative entre les deux groupes. Sur les dimensions scolaires, les enfants dont la mère avec un plus faible niveau d'étude ont significativement plus de difficultés en orthographe, en calcul et de difficultés évaluées par les enseignants. Ils ont également plus de TA que les

enfants de mères avec un niveau supérieur à Bac + 2. Les régressions univariées montrent que le niveau d'étude de la mère n'impacte pas la probabilité d'avoir des *Troubles des FE* ($OR : 2,88 ; IC\ 95\% : 0,66 ; 12,52 ; p = 0,159$). En revanche, cela impacte particulièrement la présence de *TA* ($OR : 6,61 ; IC\ 95\% : 1,38 ; 31,56 ; p = 0,018$).

f) Selon le niveau d'étude du père

L'échantillon d'étude présente autant d'enfants dont les pères ont suivi des études supérieures à Bac +2 ($n = 28, 50\%$) que ceux qui n'en ont pas fait. Les AG et PN ne différencient pas significativement entre les deux groupes avec respectivement un AG de 31,7 SA (ET : 1,89) et un PN de 1537g (ET : 378,07) pour les enfants dont le père a fait des études supérieures et un AG de 31,2 SA (ET : 1,67) [$p = 0,329$] et un PN de 1572g (ET : 287,01) [$p = 0,922$] pour le second groupe.

Les résultats présentés dans le Tableau Annexe 11 mettent en évidence un QIT significativement plus faible pour les enfants dont le père n'a pas fait des études supérieures (-7 points). Il n'existe pas de différences significatives dans les résultats exécutifs que ce soit à partir des épreuves basées sur la performance ou à partir des évaluations issues de la vie quotidienne.

Tableau annexe 53: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon le niveau d'étude du père

Études sup Père	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	28	103,11	10,95	Student	-2,438	54	0,018	-0,65	-1,19 ; -0,11
	Niv Sup	28	110,93	12,97						
Inhibition	Non	28	0,85	1,03	Mann-Whitney	459,5		0,264	0,26	-0,27 ; 0,78
	Niv Sup	28	0,61	0,86						
MT	Non	28	0,96	1,13	Mann-Whitney	472		0,186	0,10	-0,42 ; 0,63
	Niv Sup	28	0,84	1,22						
Flexibilité	Non	28	1,83	1,48	Mann-Whitney	442		0,415	0,12	-0,40 ; 0,65
	Niv Sup	28	1,64	1,64						
Planification	Non	27	1,43	1,70	Mann-Whitney	392		0,817	-0,04	-0,56 ; 0,49
	Niv Sup	28	1,49	2,05						
CEG parent	Non	28	54,86	12,66	Mann-Whitney	506,5		0,062	0,47	0,06 ; 1,00
	Niv Sup	28	49,11	11,58						
CEG Enseignant	Non	27	55,44	21,26	Mann-Whitney	439		0,308	0,37	-0,17 ; 0,90
	Niv Sup	28	49,50	8,86						

Notes. **Études sup Père** : Études supérieures à Bac+2 du père ; **Niv Sup** : Niveau supérieur

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras

Les enfants dont les pères n'ont pas fait d'études supérieures ont significativement plus de *Troubles des FE* et de *TA* que les autres (Tableau annexe 12), ainsi le niveau d'étude des pères impacte significativement la présence de *Troubles des FE* ($OR : 6,73$; $IC\ 95\% : 1,01 ; 44,86$; $p = 0,049$) ou les *TA* ($OR : 4,55$; $IC\ 95\% : 1,18 ; 17,51$; $p = 0,028$) chez les enfants nés prématurés.

Tableau annexe 54: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon le niveau d'étude du père

Études sup Père (n= 28)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>p</i>
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	6	21,4	0,113	1	0,737
	Niv Sup	5	17,9			
Difficultés MT (n= 12)	Non	6	21,4	0	1	1
	Niv Sup	6	21,4			
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	17	60,7	1,788	1	0,181
	Niv Sup	12	42,9			
Difficultés Planification (n= 21)	Non	10	37	0,029	1	0,864
	Niv Sup	11	39,3			
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	35,7	4,909	1	0,027
	Niv Sup	3	10,7			
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	6	22,2	1,330	1	0,249
	Niv Sup	3	10,7			
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	15	53,6	1,149	1	0,284
	Niv Sup	11	39,3			
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	20	71,4	0	1	1
	Niv Sup	20	71,4			
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	60,7	5,853	1	0,016
	Niv Sup	8	28,6			
Difficultés LSU (n= 29)	Non	18	69,2	4,339	1	0,037
	Niv Sup	11	40,7			
Trouble des FE (n= 17)	Non	13	46,4	6,842	1	0,009
	Niv Sup	4	14,3			
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	17	65,4	6,795	1	0,009
	Niv Sup	8	29,63			

Notes. **Études sup Père** : Études supérieures à Bac+2 du père ; **Niv Sup** : Niveau supérieur

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

g) Selon le niveau d'étude des deux parents

Afin d'être complet, 21 patients inclus (37,5%) ont leurs deux parents qui ont fait des études supérieures à Bac + 2. Il n'y avait pas de différence significative dans les AG et PN de ces deux groupes. Les enfants dont les deux parents ont fait des études supérieures avaient un AG de 31,9 SA (ET : 1,99) et un PN de 1505g (ET : 391,99) et lorsqu'un seul un des

parents ou aucun d'entre eux n'avaient pas validé d'études supérieures les enfants avaient un AG de 31,2 SA (ET : 1,64 ; $p = 0,192$) et un PN de 1584g (ET : 294,29 ; $p = 0,542$).

Le Tableau annexe 13 présente les résultats pour ces deux groupes. Les enfants dont les deux parents n'ont pas fait des études supérieures ont des résultats plus faibles à la WISC-V (- 10 points) et des résultats significativement plus élevés aux tâches d'inhibition, de MT et de flexibilité avec des taille d'effet faibles à modérées. Plus de difficultés en inhibition et flexibilité sont retrouvés chez les enfants dont les deux parents n'ont pas fait d'étude supérieures (Tableau annexe 14). En revanche, il n'existe pas de différence significative entre les enfants nés prématurés dans le domaine de la planification et dans les comportements impliquant les FE.

Tableau annexe 55: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon le niveau d'étude des deux parents

Étude. sup Parents	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	35	103,11	11,21	Student	-3,263	54	0,002	-0,90	-1,46 ; -0,33
	Niv Sup	21	113,52	12,12						
Inhibition	Non	35	0,92	1,02	Mann-Whitney	496,500		0,027	0,55	0 ; 1,10
	Niv Sup	21	0,41	0,73						
MT	Non	35	1,07	1,18	Mann-Whitney	511		0,014	0,40	-0,15 ; 0,94
	Niv Sup	21	0,62	1,10						
Flexibilité	Non	35	2,01	1,46	Mann-Whitney	503,500		0,021	0,48	-0,07 ; 1,03
	Niv Sup	21	1,27	1,61						
Planification	Non	34	1,58	2,01	Mann-Whitney	383,500		0,646	0,17	-0,38 ; 0,71
	Niv Sup	21	1,26	1,65						
CEG parent	Non	35	54,03	12,38	Mann-Whitney	476		0,067	0,45	-0,10 ; 0,99
	Niv Sup	21	48,57	11,84						
CEG Enseignant	Non	34	54,79	19,39	Mann-Whitney	425,500		0,238	0,39	-0,17 ; 0,93
	Niv Sup	21	48,57	8,53						

Notes. **Étude sup Parents** : Études supérieures Bac+2 des deux parents ; **Niv Sup** : Niveau supérieur

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Tableau annexe 56: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon le niveau d'étude des parents

Étude. sup Parents (n = 21)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>P</i>																																																																																																										
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	10	28,6	4,714	1	0,030																																																																																																										
	Niv Sup	1	4,8				Difficultés MT (n= 12)	Non	9	25,7	1,018	1	0,313	Niv Sup	3	14,3	Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	23	65,7	7,252	1	0,007	Niv Sup	6	28,6	Difficultés Planification (n= 21)	Non	13	38,2	0,001	1	0,992	Niv Sup	8	38,1	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	11	31,4	3,533	1	0,060	Niv Sup	2	9,5	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	20,6	1,161	1	0,281	Niv Sup	2	9,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	18	51,4	0,938	1	0,333	Niv Sup	8	38,1	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222	Niv Sup	13	61,9	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1
Difficultés MT (n= 12)	Non	9	25,7	1,018	1	0,313																																																																																																										
	Niv Sup	3	14,3				Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	23	65,7	7,252	1	0,007	Niv Sup	6	28,6	Difficultés Planification (n= 21)	Non	13	38,2	0,001	1	0,992	Niv Sup	8	38,1	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	11	31,4	3,533	1	0,060	Niv Sup	2	9,5	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	20,6	1,161	1	0,281	Niv Sup	2	9,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	18	51,4	0,938	1	0,333	Niv Sup	8	38,1	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222	Niv Sup	13	61,9	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20						
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	23	65,7	7,252	1	0,007																																																																																																										
	Niv Sup	6	28,6				Difficultés Planification (n= 21)	Non	13	38,2	0,001	1	0,992	Niv Sup	8	38,1	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	11	31,4	3,533	1	0,060	Niv Sup	2	9,5	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	20,6	1,161	1	0,281	Niv Sup	2	9,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	18	51,4	0,938	1	0,333	Niv Sup	8	38,1	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222	Niv Sup	13	61,9	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																
Difficultés Planification (n= 21)	Non	13	38,2	0,001	1	0,992																																																																																																										
	Niv Sup	8	38,1				Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	11	31,4	3,533	1	0,060	Niv Sup	2	9,5	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	20,6	1,161	1	0,281	Niv Sup	2	9,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	18	51,4	0,938	1	0,333	Niv Sup	8	38,1	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222	Niv Sup	13	61,9	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																										
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	11	31,4	3,533	1	0,060																																																																																																										
	Niv Sup	2	9,5				Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	20,6	1,161	1	0,281	Niv Sup	2	9,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	18	51,4	0,938	1	0,333	Niv Sup	8	38,1	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222	Niv Sup	13	61,9	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																																				
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	20,6	1,161	1	0,281																																																																																																										
	Niv Sup	2	9,5				Difficultés Lecture (n= 26)	Non	18	51,4	0,938	1	0,333	Niv Sup	8	38,1	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222	Niv Sup	13	61,9	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																																														
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	18	51,4	0,938	1	0,333																																																																																																										
	Niv Sup	8	38,1				Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222	Niv Sup	13	61,9	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																																																								
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	27	77,1	1,493	1	0,222																																																																																																										
	Niv Sup	13	61,9				Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003	Niv Sup	4	19,1	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																																																																		
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	21	60	8,907	1	0,003																																																																																																										
	Niv Sup	4	19,1				Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025	Niv Sup	7	35	Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																																																																												
Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	66,7	5,040	1	0,025																																																																																																										
	Niv Sup	7	35				Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009	Niv Sup	2	9,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																																																																																						
Trouble des FE (n= 17)	Non	15	42,9	6,898	1	0,009																																																																																																										
	Niv Sup	2	9,5				Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002	Niv Sup	4	20																																																																																																
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	63,6	9,515	1	0,002																																																																																																										
	Niv Sup	4	20																																																																																																													

Notes. **Étude sup Parents** : Études supérieures Bac+2 des deux parents

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Sur le versant scolaire, les enfants dont les deux parents n'ont pas fait des études supérieures montrent significativement plus de difficultés recensées au LSU et en calcul mental. De plus, ce groupe d'enfants présente significativement plus de *Troubles des FE* et de *TA* que le groupe d'enfants dont les deux parents ont fait des études supérieures. Aussi, le niveau d'étude parental impacte chez les enfants nés prématurés la présence de *Troubles des FE* ($OR : 8,22 ; IC 95\% : 1,19 ; 56,88 ; p = 0,033$) ou les *TA* ($OR : 7,75 ; IC 95\% : 1,32 ; 45,46 ; p = 0,023$).

h) Selon les antécédents familiaux de TND

Lors de l'entretien initial, les familles étaient invitées préciser si des antécédents de TA avaient été repérés dans la famille. Sur l'ensemble de la cohorte, 10 patients (17,9 %) ont été recensés avec ce facteur de risque. Le groupe avec antécédent « ANTC » avait un AG de 30,8 SA (ET : 2,11) et un PN de 1531g (ET : 423,1) et ne différait pas significativement du reste de la cohorte (31,6 SA [ET : 1,69], $p = 0,397$; 1559g [ET : 423,1], $p = 0,789$). L'ensemble des résultats sont présentés dans les Tableaux annexes 15 et 16.

Tableau annexe 57 : Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon la présence d'antécédents familiaux de TND

Antécédents familiaux	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	46	107,28	13,20	Student	0.336	54	0,738	0,12	-0,57 ; 0,80
	ANTC	10	105,80	9,30						
Inhibition	Non	46	0,77	0,99	Mann-Whitney	257.000		0,564	0,23	-0,46 ; 0,91
	ANTC	10	0,55	0,76						
MT	Non	46	0,90	1,14	Mann-Whitney	228.000		0,974	-0,03	-0,72 ; 0,65
	ANTC	10	0,93	1,32						
Flexibilité	Non	46	1,81	1,63	Mann-Whitney	256.500		0,576	0,29	-0,40 ; 0,97
	ANTC	10	1,37	1,07						
Planification	Non	46	1,32	1,90	Mann-Whitney	142.000		0,135	-0,47	-1,19 ; 0,25
	ANTC	9	2,19	1,64						
CEG parent	Non	46	51,54	12,21	Mann-Whitney	204.000		0,585	-0,20	-0,88 ; 0,49
	ANTC	10	54,00	13,54						
CEG Enseignant	Non	45	50,76	15,57	Mann-Whitney	154.000		0,124	-0,57	-1,26 ; 0,13
	ANTC	10	59,90	18,27						

Notes. CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Les enfants avec des antécédents familiaux n'ont pas des résultats significativement différents de leurs pairs sans ce facteur de risque. Ils n'ont pas plus de *Troubles* que les autres et la présence d'antécédents familiaux ne permet pas de prédire la présence de *Troubles des FE* (OR : 1,72 ; IC 95% : 0,42 ; 6,66 ; $p = 0,435$) ou les *TA* (OR : 2,43 ; IC 95% : 0,61 ; 11,30 ; $p = 0,223$).

Tableau annexe 58: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon les antécédents familiaux de TND

Antécédents (n = 10)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>p</i>																																																																																																										
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	10	21,7	0,717	1	0,397																																																																																																										
	ANTC	1	10				Difficultés MT (n= 12)	Non	10	21,7	0,015	1	0,903	ANTC	2	20	Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	24	52,2	0,016	1	0,901	ANTC	5	50	Difficultés Planification (n= 21)	Non	15	32,6	3,699	1	0,054	ANTC	6	66,7	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	21,7	0,314	1	0,575	ANTC	3	30	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	15,6	0,118	1	0,731	ANTC	2	20	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	20	43,5	0,901	1	0,342	ANTC	6	60	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508	ANTC	8	80	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1
Difficultés MT (n= 12)	Non	10	21,7	0,015	1	0,903																																																																																																										
	ANTC	2	20				Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	24	52,2	0,016	1	0,901	ANTC	5	50	Difficultés Planification (n= 21)	Non	15	32,6	3,699	1	0,054	ANTC	6	66,7	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	21,7	0,314	1	0,575	ANTC	3	30	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	15,6	0,118	1	0,731	ANTC	2	20	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	20	43,5	0,901	1	0,342	ANTC	6	60	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508	ANTC	8	80	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7						
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	24	52,2	0,016	1	0,901																																																																																																										
	ANTC	5	50				Difficultés Planification (n= 21)	Non	15	32,6	3,699	1	0,054	ANTC	6	66,7	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	21,7	0,314	1	0,575	ANTC	3	30	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	15,6	0,118	1	0,731	ANTC	2	20	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	20	43,5	0,901	1	0,342	ANTC	6	60	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508	ANTC	8	80	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																
Difficultés Planification (n= 21)	Non	15	32,6	3,699	1	0,054																																																																																																										
	ANTC	6	66,7				Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	21,7	0,314	1	0,575	ANTC	3	30	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	15,6	0,118	1	0,731	ANTC	2	20	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	20	43,5	0,901	1	0,342	ANTC	6	60	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508	ANTC	8	80	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																										
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	21,7	0,314	1	0,575																																																																																																										
	ANTC	3	30				Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	15,6	0,118	1	0,731	ANTC	2	20	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	20	43,5	0,901	1	0,342	ANTC	6	60	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508	ANTC	8	80	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																																				
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	7	15,6	0,118	1	0,731																																																																																																										
	ANTC	2	20				Difficultés Lecture (n= 26)	Non	20	43,5	0,901	1	0,342	ANTC	6	60	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508	ANTC	8	80	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																																														
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	20	43,5	0,901	1	0,342																																																																																																										
	ANTC	6	60				Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508	ANTC	8	80	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																																																								
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	69,5	0,438	1	0,508																																																																																																										
	ANTC	8	80				Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707	ANTC	5	50	Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																																																																		
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	43,5	0,141	1	0,707																																																																																																										
	ANTC	5	50				Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429	ANTC	6	66,7	Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																																																																												
Difficultés LSU (n= 29)	Non	23	52,3	0,625	1	0,429																																																																																																										
	ANTC	6	66,7				Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464	ANTC	4	40	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																																																																																						
Trouble des FE (n= 17)	Non	13	28,3	0,535	1	0,464																																																																																																										
	ANTC	4	40				Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198	ANTC	6	66,7																																																																																																
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	19	43,2	1,654	1	0,198																																																																																																										
	ANTC	6	66,7																																																																																																													

Notes. **Antécédents** : Antécédents familiaux de TND

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

i) Selon les retards identifiés par les parents ou un professionnel

Les parents devaient préciser si, selon eux ou un professionnel de santé, leur enfant avait eu un décalage dans la mise en place de certains apprentissages. Les parents étaient interrogés sur le développement du langage oral, de la motricité ou de tout autre décalage lors de la petite enfance. Onze enfants (19,6 %) ont été identifiés avec des retards (30,9 SA

[ET : 1,95] ; 1444g [ET : 277,79]) et ne différenciant pas significativement du reste de la cohorte (31,6 SA [ET : 1,74], $p = 0,337$; 1581g [ET : 342,57], $p = 0,205$).

Les résultats mettent en évidence que les enfants identifiés avec un retard ont des scores de QIT significativement plus faibles et montrent plus de vulnérabilité en MT avec des tailles d'effet modérées (Tableau annexe 17) et suscitent plus de plaintes exécutives de la part des enseignants et plus de difficultés en calcul mental par rapport à leurs pairs sans retard (voir Tableau annexe 18).

Tableau annexe 59: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon les retards développementaux identifiés par les parents ou un professionnel

Retard	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	45	108,82	10,86	Student	2,259	54	0,028	0,76	0,82 ; 1,43
	Retard	11	99,64	16,45						
Inhibition	Non	45	0,71	1,01	Mann-Whitney	196		0,284	-0,10	- 0,76 ; 0,56
	Retard	11	0,81	0,67						
MT	Non	45	0,77	1,07	Mann-Whitney	149,5		0,041	-0,57	1,23 ; 0,10
	Retard	11	1,42	1,45						
Flexibilité	Non	45	1,77	1,66	Mann-Whitney	246,5		0,992	0,12	- 0,54 ; 0,78
	Retard	11	1,58	1,01						
Planification	Non	44	1,38	1,71	Mann-Whitney	231,5		0,830	-0,21	- 0,87 ; 0,45
	Retard	11	1,77	2,49						
CEG parent	Non	45	51,62	12,22	Mann-Whitney	226		0,665	-0,15	- 0,81 ; 0,51
	Retard	11	53,46	13,46						
CEG Enseignant	Non	44	50,59	9,79	Mann-Whitney	201		0,394	-0,57	- 1,24 ; 0,10
	Retard	11	59,73	30,82						

Notes. CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Toutefois, les enfants avec des retard identifiés précocement n'ont pas plus de trouble des FE ou de TA que les autres patients inclus et ce repérage précoce n'est pas prédicteurs de *Troubles des FE* (OR : 2,27 ; IC 95% : 0,60 ; 8,52 ; $p = 0,220$) ou de *TA* (OR : 2,21 ; IC 95% : 0,61 ; 8,86 ; $p = 0,238$).

Tableau annexe 60: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon les retards développementaux identifiés par les parents ou un professionnel

Retard (n = 11)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	P																																																																																																										
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	9	20	0,019	1	0,892																																																																																																										
	Retard	2	18,2				Difficultés MT (n= 12)	Non	9	20	0,278	1	0,598	Retard	3	27,3	Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	21	46,7	2,404	1	0,121	Retard	8	72,3	Difficultés Planification (n= 21)	Non	17	38,7	0,019	1	0,890	Retard	4	36,4	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	22,2	0,126	1	0,722	Retard	3	27,3	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	5	11,4	4,019	1	0,045	Retard	4	36,4	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	21	46,7	0,005	1	0,942	Retard	5	45,5	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915	Retard	8	72,7	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1
Difficultés MT (n= 12)	Non	9	20	0,278	1	0,598																																																																																																										
	Retard	3	27,3				Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	21	46,7	2,404	1	0,121	Retard	8	72,3	Difficultés Planification (n= 21)	Non	17	38,7	0,019	1	0,890	Retard	4	36,4	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	22,2	0,126	1	0,722	Retard	3	27,3	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	5	11,4	4,019	1	0,045	Retard	4	36,4	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	21	46,7	0,005	1	0,942	Retard	5	45,5	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915	Retard	8	72,7	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6						
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	21	46,7	2,404	1	0,121																																																																																																										
	Retard	8	72,3				Difficultés Planification (n= 21)	Non	17	38,7	0,019	1	0,890	Retard	4	36,4	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	22,2	0,126	1	0,722	Retard	3	27,3	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	5	11,4	4,019	1	0,045	Retard	4	36,4	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	21	46,7	0,005	1	0,942	Retard	5	45,5	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915	Retard	8	72,7	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																
Difficultés Planification (n= 21)	Non	17	38,7	0,019	1	0,890																																																																																																										
	Retard	4	36,4				Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	22,2	0,126	1	0,722	Retard	3	27,3	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	5	11,4	4,019	1	0,045	Retard	4	36,4	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	21	46,7	0,005	1	0,942	Retard	5	45,5	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915	Retard	8	72,7	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																										
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	10	22,2	0,126	1	0,722																																																																																																										
	Retard	3	27,3				Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	5	11,4	4,019	1	0,045	Retard	4	36,4	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	21	46,7	0,005	1	0,942	Retard	5	45,5	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915	Retard	8	72,7	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																																				
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	5	11,4	4,019	1	0,045																																																																																																										
	Retard	4	36,4				Difficultés Lecture (n= 26)	Non	21	46,7	0,005	1	0,942	Retard	5	45,5	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915	Retard	8	72,7	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																																														
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	21	46,7	0,005	1	0,942																																																																																																										
	Retard	5	45,5				Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915	Retard	8	72,7	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																																																								
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	32	71,1	0,011	1	0,915																																																																																																										
	Retard	8	72,7				Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037	Retard	8	72,7	Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																																																																		
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	17	37,8	4,369	1	0,037																																																																																																										
	Retard	8	72,7				Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504	Retard	7	63,6	Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																																																																												
Difficultés LSU (n= 29)	Non	22	52,4	0,446	1	0,504																																																																																																										
	Retard	7	63,6				Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224	Retard	5	45,5	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																																																																																						
Trouble des FE (n= 17)	Non	12	26,7	1,476	1	0,224																																																																																																										
	Retard	5	45,5				Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219	Retard	7	63,6																																																																																																
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	18	42,9	1,510	1	0,219																																																																																																										
	Retard	7	63,6																																																																																																													

Notes. CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

J) Selon les besoins d'enseignement spécialisés

L'exploration de la scolarité comprenait un questionnaire sur les aides scolaires nécessaires (passées et actuelles) et notamment les besoins d'enseignement spécialisé. Un total de 12 patients a été ou est suivi régulièrement (1 à 2 fois par semaine) par un enseignant spécialisé. Ce groupe a un AG de 30,5 SA (ET : 2,36) (reste de la cohorte : 31,7 [ET : 1,51], $p = 0,680$) et un PN significativement plus faible de 1388g (ET : 305,26) contre 1600g (ET :

328,85 ; $p = 0,041$) pour les autres enfants nés prématurés de l'échantillon. L'ensemble des résultats sont disponibles dans les tableaux annexe 19 et 20.

Tableau annexe 61: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon les besoins d'aides spécialisées

Aides spécialisées	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	44	109,77	11,20	Student	3,448	54	0,001	1,12	0,45 ; 1,79
	Aide	12	96,92	12,37						
Inhibition	Non	44	0,61	0,79	Mann-Whitney	195		0,164	-0,61	-1,26 ; 0,04
	Aide	12	1,18	1,34						
MT	Non	44	0,87	1,10	Mann-Whitney	247		0,738	-0,14	-0,78 ; 0,50
	Aide	12	1,03	1,44						
Flexibilité	Non	44	1,69	1,55	Mann-Whitney	239		0,623	-0,14	-0,78 ; 0,50
	Aide	12	1,91	1,59						
Planification	Non	43	1,08	1,48	Mann-Whitney	143,5		0,018	-1,01	-1,68 ; -0,34
	Aide	12	2,83	2,50						
CEG parent	Non	44	49,21	11,58	Mann-Whitney	100,5		0,001	-1,15	-1,82 ; -0,47
	Aide	12	62,17	9,81						
CEG Enseignant	Non	44	48,73	14,29	Mann-Whitney	72		< 0,001	-1,26	-1,96 ; -0,55
	Aide	11	67,18	16,07						

Notes. CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Les enfants qui ont des besoins d'enseignement spécialisé ont un score de QIT plus faible (-12,8 pts de moyenne). Les parents et les enseignants formulent plus de plaintes sur les comportements sollicitant les FE pour ce groupe que pour leurs pairs sans aide pédagogique. La planification montre des scores de vulnérabilité plus élevé (taille d'effet forte) sans pour autant qu'ils aient plus de difficultés (Tableau annexe 20). Sur l'ensemble des mesures scolaires, le groupe nécessitant des aides se démarque avec un nombre significativement supérieur de difficultés sur l'ensemble des variables scolaires, l'inhibition à la batterie FÉE et les BRIEF parent et enseignant. Les enfants nés prématurés avec des besoins d'enseignements spécialisés ont plus de *Troubles des FE* et de *TA*. De plus, les régressions logistiques confirment que les besoins d'enseignement spécialisé sont très

dépendants de la présence de *Troubles des FE* ($OR : 7,06 ; IC\ 95\% : 1,91 ; 29,6 ; p = 0,005$) ou de *TA* ($OR : 52,8 ; IC\ 95\% : 6,13 ; 6949 ; p = 0,007$).

Tableau annexe 62: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon les besoins d'aides spécialisées

Aides spécialisées (n = 12)	Groupe	N	%	χ^2	ddl	<i>p</i>																																																																																																										
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	6	13,6	4,693	1	0,030																																																																																																										
	Aide	5	41,7				Difficultés MT (n= 12)	Non	10	22,7	0,206	1	0,650	Aide	2	16,7	Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	22	50	0,262	1	0,609	Aide	7	58,3	Difficultés Planification (n= 21)	Non	14	32,6	2,641	1	0,104	Aide	7	58,3	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	7	15,9	6,147	1	0,013	Aide	6	50	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	4	9,1	8,502	1	0,004	Aide	5	45,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	16	36,4	8,363	1	0,004	Aide	10	83,3	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013	Aide	12	100	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1
Difficultés MT (n= 12)	Non	10	22,7	0,206	1	0,650																																																																																																										
	Aide	2	16,7				Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	22	50	0,262	1	0,609	Aide	7	58,3	Difficultés Planification (n= 21)	Non	14	32,6	2,641	1	0,104	Aide	7	58,3	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	7	15,9	6,147	1	0,013	Aide	6	50	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	4	9,1	8,502	1	0,004	Aide	5	45,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	16	36,4	8,363	1	0,004	Aide	10	83,3	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013	Aide	12	100	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100						
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	22	50	0,262	1	0,609																																																																																																										
	Aide	7	58,3				Difficultés Planification (n= 21)	Non	14	32,6	2,641	1	0,104	Aide	7	58,3	Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	7	15,9	6,147	1	0,013	Aide	6	50	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	4	9,1	8,502	1	0,004	Aide	5	45,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	16	36,4	8,363	1	0,004	Aide	10	83,3	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013	Aide	12	100	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																
Difficultés Planification (n= 21)	Non	14	32,6	2,641	1	0,104																																																																																																										
	Aide	7	58,3				Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	7	15,9	6,147	1	0,013	Aide	6	50	Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	4	9,1	8,502	1	0,004	Aide	5	45,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	16	36,4	8,363	1	0,004	Aide	10	83,3	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013	Aide	12	100	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																										
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	7	15,9	6,147	1	0,013																																																																																																										
	Aide	6	50				Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	4	9,1	8,502	1	0,004	Aide	5	45,5	Difficultés Lecture (n= 26)	Non	16	36,4	8,363	1	0,004	Aide	10	83,3	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013	Aide	12	100	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																																				
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	4	9,1	8,502	1	0,004																																																																																																										
	Aide	5	45,5				Difficultés Lecture (n= 26)	Non	16	36,4	8,363	1	0,004	Aide	10	83,3	Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013	Aide	12	100	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																																														
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	16	36,4	8,363	1	0,004																																																																																																										
	Aide	10	83,3				Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013	Aide	12	100	Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																																																								
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	28	63,6	6,109	1	0,013																																																																																																										
	Aide	12	100				Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002	Aide	10	83,3	Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																																																																		
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	15	34,1	9,251	1	0,002																																																																																																										
	Aide	10	83,3				Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001	Aide	12	100	Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																																																																												
Difficultés LSU (n= 29)	Non	17	38,6	12,838	1	< 0,001																																																																																																										
	Aide	12	100				Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002	Aide	8	66,7	Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																																																																																						
Trouble des FE (n= 17)	Non	9	20,5	9,524	1	0,002																																																																																																										
	Aide	8	66,7				Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001	Aide	12	100																																																																																																
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	13	31,7	17,374	1	< 0,001																																																																																																										
	Aide	12	100																																																																																																													

Notes. CEG : Composite exécutif global ; ddl : degré de liberté ; ET : Écart-type ; IC : Intervalle de confiance ; QIT : Quotient intellectuel Total ; n : Effectif ; MT : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

k) Selon les besoins d'aides paramédicales ou psychologiques

Les parents indiquaient également le besoin de suivi paramédical ou psychologique de leur enfant. Une part non négligeable d'enfants ($n = 22 ; 39,3\%$) ont été ou ont un suivi paramédical (orthophonie, psychomotricité, ergothérapie) ou un suivi psychologique. Le

groupe de patients « Aide para » ne se différencie pas du reste de l'échantillon sur l'AG et le PN (31,2 SA [ET : 2,12] et 1501g [ET : 361,25] et 31,7 SA [ET : 1,41], $p = 0,368$; 1592g [ET : 312,08], $p = 0,254$).

Les résultats présentés dans le Tableau annexe 21 ne montrent pas de différence de moyenne entre les groupes au QIT ou sur les dimensions exécutives à la batterie FÉE. En revanche, il est mis en évidence des moyennes plus élevées à la BRIEF tant à l'école qu'à la maison (tailles d'effet fortes) avec plus de difficultés uniquement relevées par les parents dont les enfants reçoivent des aides extérieures (Tableau annexe 22).

Tableau annexe 63: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon les besoins d'aides paramédicales

Aide paramédicale	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	34	107,88	10,61	Student	0.638	54	0,526	0,18	-0,36 ; 0,71
	Aide Para	22	105,68	15,21						
Inhibition	Non	34	0,82	1,10	Mann-Whitney	367.5		0,918	0,25	-0,29 ; 0,79
	Aide Para	22	0,59	0,66						
MT	Non	34	0,95	1,18	Mann-Whitney	386		0,845	0,10	-0,44 ; 0,64
	Aide Para	22	0,83	1,16						
Flexibilité	Non	34	1,71	1,32	Mann-Whitney	403		0,631	-0,03	-0,57 ; 0,50
	Aide Para	22	1,77	1,88						
Planification	Non	33	1,23	1,67	Mann-Whitney	305.5		0,319	-0,31	-0,85 ; 0,23
	Aide Para	22	1,81	2,13						
CEG parent	Non	34	46,74	10,07	Mann-Whitney	147		< 0,001	-1,26	-1,85 ; -0,67
	Aide Para	22	60,09	11,29						
CEG Enseignant	Non	34	46,94	13,24	Mann-Whitney	166.5		< 0,001	-0,97	-1,54 ; -0,39
	Aide Para	21	61,29	17,19						

Notes. **Aide para** : Aide paramédicale

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Les enfants avec des prises en soin ont plus de difficultés scolaires, notamment en lecture et au travers du LSU. Enfin, ce groupe d'enfants nés prématurés à plus de *Troubles des FE* et de *TA*. Par ailleurs, les analyses de régressions univariées mettent en évidence que la présence de *Trouble des FE* et des *TA* peuvent expliquer les besoins d'aides paramédicales

(respectivement $OR : 3,89$; $IC\ 95\% : 1,24 ; 13,20$; $p = 0,023$ et $OR : 3,04$; $IC\ 95\% : 1,02 ; 9,60$; $p = 0,050$).

Tableau annexe 64: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon les besoins d'aides paramédicales ou psychologique

Aide paramédicale (n = 22)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>p</i>
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	8	23,5	0,828	1	0,363
	Aide Para	3	13,6			
Difficultés MT (n= 12)	Non	8	23,5	0,227	1	0,634
	Aide Para	4	18,2			
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	18	52,9	0,046	1	0,830
	Aide Para	11	50			
Difficultés Planification (n= 21)	Non	11	33,3	0,822	1	0,365
	Aide Para	10	45,5			
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	4	11,8	6,365	1	0,012
	Aide Para	9	40,9			
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	3	8,8	3,699	1	0,054
	Aide Para	6	28,6			
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	12	35,3	4,314	1	0,038
	Oui	14	63,6			
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	23	67,7	0,606	1	0,436
	Oui	17	77,3			
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	14	41,2	0,421	1	0,517
	Oui	11	50			
Difficultés LSU (n= 29)	Non	13	40,6	6,473	1	0,011
	Oui	16	76,2			
Trouble des FE (n= 17)	Non	6	17,6	6,613	1	0,01
	Oui	11	50			
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	11	34,8	5,306	1	0,021
	Oui	14	66,7			

Notes. **Aide Para** : Aide paramédicale

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

D) Selon les demandes « à priori » d'évaluation neuropsychologique

Face à des signes d'appel clinique ou des difficultés repérées à l'école, certains parents se questionnaient sur l'éventualité de procéder à des investigations

neuropsychologiques avant la proposition d'inclusion dans l'étude. Les 7 enfants concernés (12,5%) ne différaient pas du reste de l'échantillon sur l'AG (31,1 SA [ET : 2,44] vs 31,5 SA [ET : 1,70], $p = 0,901$) ou sur le PN (1589g [ET : 455,25] vs 1550g [ET : 317,79], $p = 0,804$). Les Tableaux annexes 23 et 24 regroupent les résultats des comparaisons entre les groupes.

Tableau annexe 65: Résultats aux épreuves de fonctions exécutives et d'acquisition scolaire selon les demandes d'aides à priori

Demande	Groupe	n	Moyenne	ET	Test	Statistique	ddl	<i>P</i>	<i>d</i>	<i>d</i> [ICd]
QIT	Non	49	107,53	12,91	Student	0,808	54	0,423	0,33	-0,47 ; 1,12
	Demande	7	103,43	9,41						
Inhibition	Non	49	0,73	0,96	Mann-Whitney	163		0,84	0,02	-0,77 ; 0,81
	Demande	7	0,71	0,95						
MT	Non	49	0,93	1,23	Mann-Whitney	144		0,497	0,22	-0,58 ; 1,01
	Demande	7	0,68	0,49						
Flexibilité	Non	49	1,78	1,61	Mann-Whitney	182,5		0,794	0,22	-0,57 ; 1,02
	Demande	7	1,43	1,03						
Planification	Non	48	1,48	1,95	Mann-Whitney	136		0,418	0,11	-0,69 ; 0,90
	Demande	7	1,29	1,33						
CEG parent	Non	49	51,04	11,92	Mann-Whitney	114,5		0,161	-0,62	-1,41 ; 0,19
	Demande	7	58,57	14,39						
CEG Enseignant	Non	48	51,21	15,70	Mann-Whitney	108,5		0,136	-0,59	-1,39 ; 0,22
	Demande	7	60,71	19,25						
GSA 5 ans	Non	39	52,92	6,75	Mann-Whitney	240		0,002	1,66	0,77 ; 2,52
	Demande	7	41,57	7,53						
GSA 7 ans	Non	39	52,97	6,16	Mann-Whitney	175		0,054	0,74	-0,14 ; 1,60
	Demande	6	48,50	5,39						

Notes. **Demande** : Demande à priori

CEG : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

Les résultats ne montrent pas de différence de QIT et de performances exécutives malgré plus de plaintes de la part des parents. Les enfants nés prématurés du groupe « demande » ne présentent pas de différences significatives sur l'ensemble des autres mesures scolaires et n'ont pas plus de *TA* identifiés ni de *Troubles des FE*. Les analyses de régressions univariées montrent que le fait que les parents aient une demande d'évaluation

n'était pas prédit par la présence de *Troubles des FE* ($OR : 3,48$; $IC\ 95\% : 0,75 ; 17,50$; $p = 0,110$) ou de *TA* ($OR : 1,52$; $IC\ 95\% : 0,33 ; 7,51$; $p = 0,584$).

Tableau annexe 66: Répartition des difficultés exécutives et d'apprentissage selon les demandes d'aides à priori

Demande à priori (n = 7)	Groupe	n	%	χ^2	ddl	<i>p</i>
Difficultés Inhibition (n= 11)	Non	10	20,4	0,145	1	0,703
	Demande	1	14,3			
Difficultés MT (n= 12)	Non	11	22,5	0,242	1	0,622
	Demande	1	14,3			
Difficultés Flexibilité (n= 29)	Non	25	51	0,092	1	0,762
	Demande	4	57,1			
Difficultés Planification (n= 21)	Non	18	37,5	0,074	1	0,785
	Demande	3	42,9			
Difficultés CEG parent (n= 13)	Non	9	18,4	5,166	1	0,023
	Demande	4	57,1			
Difficultés CEG Enseignant (n= 9)	Non	8	16,7	0,025	1	0,874
	Demande	4	14,3			
Difficultés GSA 5 ans (n= 14)	Non	8	20,5	11,917	1	< 0,001
	Demande	6	85,7			
Difficultés GSA 7 ans (n= 9)	Non	5	12,8	9,423	1	0,002
	Demande	4	66,7			
Difficultés Lecture (n= 26)	Non	22	44,9	0,369	1	0,543
	Demande	4	57,1			
Difficultés Orthographe (n= 40)	Non	34	69,4	0,800	1	0,371
	Demande	6	85,7			
Difficultés Calcul (n= 25)	Non	20	40,8	2,323	1	0,128
	Demande	5	71,4			
Difficultés LSU (n= 29)	Non	24	52,2	0,909	1	0,340
	Demande	5	71,4			
Trouble des FE (n= 17)	Non	13	26,5	2,715	1	0,099
	Demande	4	57,1			
Trouble d'Apprentissage (n=25)	Non	21	45,7	0,322	1	0,570
	Demande	4	57,1			

Notes. **CEG** : Composite exécutif global ; **ddl** : degré de liberté ; **ET** : Écart-type ; **IC** : Intervalle de confiance ; **QIT** : Quotient intellectuel Total ; **n** : Effectif ; **MT** : Mémoire de travail

Les différences significatives ($p < 0,05$) sont en gras.

VALORISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL DE THESE

Articles scientifiques

Cadeau, O., Muller, J.-B., Riou, J. et Roy, A. (en préparation). *Associations between executive functions and academic achievement in children born preterm: Systematic review and meta-analysis.*

Cadeau, O., Muller, J.-B., Guerra, A., Boscher, C., Frondas, A., Flamant, C., Rozé, J.-C., Boquien, C.-Y., Simon, L. et Roy, A. (en préparation). *Beyond Protective Factors and Normal IQ in Preterm: More Executive Disorders Than Expected.*

Cadeau, O., Muller, J.-B., Guerra, A., Boscher, C., Frondas, A., Flamant, C., Rozé, J.-C., Boquien, C.-Y., Simon, L. et Roy, A. (en préparation). *Executive Functions Predict Academic Difficulties in Preterm.*

Chapitre d'ouvrage collectif

Cadeau, O., Muller, J.-B., & Charbonnier, V. (2021). Troubles des fonctions exécutives chez l'enfant prématuré : Axes de réflexions pour une prise en soin intégrative et ajustée. In A. Roy, N. Fournet, D. Le Gall, & J.-L. Roulin, *Les fonctions exécutives de l'enfant* (1ere éd., p. 94-112). De Boeck Supérieur.

Communications orales

Cadeau, O., Muller, J.-B., Guerra, A., Boscher, C., Frondas, A., Flamant, C., Rozé, J.-C., Boquien, C.-Y., Simon, L. et Roy, A. (2023). Journée Francophone de Recherche en Néonatalogie – Société Française de Néonatalogie. *La cohorte de prématuré LACTACOL : un environnement socio-économique favorable et un QI normal mais des troubles des fonctions exécutives fréquents !* 7 – 8 décembre 2023, Paris, France.

- Cadeau, O.**, Muller, J.-B., Guerra, A., Boscher, C., Frondas, A., Flamant, C., Rozé, J.-C., Boquien, C.-Y., Simon, L. et Roy, A. (2023). Journée Francophone de Recherche en Néonatalogie – Société Française de Néonatalogie. *Les fonctions exécutives : prédictives de difficultés scolaires dans la prématurité*. 7 – 8 décembre 2023, Paris, France.
- Cadeau, O.**, Muller, J.-B., Riou, J. et Roy, A. (2022) – Journée Francophone de Recherche en Néonatalogie – Société Française de Néonatalogie. *Relations entre les fonctions exécutives et les apprentissages scolaires chez les enfants nés prématurés : revue systématique et méta-analyse*. 8 – 9 décembre 2022, Paris, France.
- Cadeau, O.**, Muller, J.-B., Charbonnier, V. (2021) – Journées Internationales de Neuropsychologie des Lobes Frontaux et des Fonctions Exécutives : Les fonctions exécutives chez l'enfant. *Fonctions exécutives et prématurité*. 23 – 25 juin 2021, Angers, France.

ACTIVITES SCIENTIFIQUES CONNEXES A LA THESE

Modération scientifique

Journée régionale de prévention : Agir pour la santé des enfants des premiers 1000 jrs aux 6 ans. *Table ronde : Agir pour un environnement favorable à l'enfant*. 30 septembre 2022, Angers, France

Expertise article scientifique

2023 – Co-Expertise avec Arnaud Roy. Appel d'offres Recherche Clinique des Hospices Civils de Lyon.

2023 – Co-Expertise avec Arnaud Roy. Article proposé dans *Applied Neuropsychology: Child* (Q3-SJR 2022: 0,39)

2022 – Co-Expertise avec Arnaud Roy. Article proposé dans *American Journal of Medical Genetics – Part A* (AJMG- Q2-SJR 2021: 0,85)

ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT AU COURS DU TRAVAIL DE THESE

Enseignement universitaire

2023-2024

- M1 PPP Parcours NEF : Modélisation théorique, clinique, évaluations : Évaluation de l'intelligence (7h).
- M1 PPP Parcours NEF : Neuropsychologie de l'enfant et troubles apprentissages - Cas cliniques (2h)
- M2 PPP Parcours NEF & NEURO : UE8 : Lésions acquises - La prématurité (3h)
- DU Neuropsychologie de l'enfant et troubles d'apprentissage (NETA) : Pathologies cérébrales acquises (3h)
- DU Neuropsychologie de l'enfant et troubles d'apprentissage (NETA) : les troubles neuropsychologiques de l'enfant : Place de la psychologie de l'éducation dans le dépistage et l'accompagnement des troubles d'apprentissage à l'école (3h)

2022-2023

- M1 PPP Parcours NEF : Modélisation théorique, clinique, évaluations : Évaluation de l'intelligence (7h) + évaluations/corrections.
- M2 PPP Parcours NEF & NEURO : UE8 : Lésions acquises - La prématurité (3h)
- DU Neuropsychologie de l'enfant et troubles d'apprentissage (NETA) : Pathologies cérébrales acquises (3h)

2021-2022

- L2 Sciences Humaines et Sociales : Mineure ouverte à tous les départements de la Faculté des LLSH :
- UEM : Apprentissage du retard au trouble (CM : 2h40 – ETD : 3h99)
- L3 Sciences Humaines et Sociales : Élément constitutif recherche (ECR) ouverte à tous les départements de la Faculté des LLSH : Psychologie des apprentissages scolaires (CM : 2h40 – ETD : 2h67)

M1 PPP Parcours NETA : Modélisation théorique, clinique, évaluations : Évaluation de l'intelligence (7h)

M1 PPP Parcours NETA : Neuropsychologie de l'enfant troubles apprentissages - Cas cliniques (2h)

M2 PPP Parcours NETA & NEURO : UE8 : Lésions acquises - La prématurité (3h)

DU Neuropsychologie de l'enfant et troubles d'apprentissage (NETA) : Pathologies cérébrales acquises (3h)

2020-2021

L2 Sciences Humaines et Sociales : Mineure ouverte à tous les départements de la Faculté des LLSH :

UEM : Apprentissage du retard au trouble (CM : 2h40 – HETD : 3h99)

M1 PPP Parcours NETA : UE : Modélisation théorique, clinique, évaluations – Évaluation de l'intelligence (7h)

M2 PPP Parcours NETA & NEURO : UE : Lésions acquises - La prématurité (3h) + évaluations/corrections.

Encadrement de travaux

Mémoire de Master

2020-2023

« Relations entre fonctions exécutives et apprentissage scolaire des mathématiques chez les enfants nés prématurés », Mémoire de recherche de Master 1 & 2 Neuropsychologie de l'enfant et trouble d'apprentissage, co-encadré avec Arnaud Roy.

2020-2022

« Les impacts d'une naissance prématurée sur les fonctions exécutives et les performances en lecture chez les enfants d'âge scolaire », Mémoire de recherche de Master 1 & 2 Neuropsychologie de l'enfant et trouble d'apprentissage, co-encadré avec Arnaud Roy.

Dossier professionnel DU NETA

2022-2023

« La place du psychologue de l'éducation nationale dans l'accompagnement et le repérage des troubles du neurodéveloppement ». Session juin 2023

2021-2022

« Positionnement d'une Professeure des Écoles face à la suspicion d'un trouble du langage écrit. Étude de cas. ». Session septembre 2022

« Analyse réflexive de la pratique du psychologue de l'éducation nationale du 2nd degré quel sens donner à la pratique de l'évaluation ? ». Session juin 2022

2020-2021

« Le PsyEN dans l'accompagnement de jeunes porteurs de TND ». Session juin 2021

« Place des psychologues de l'Education Nationale (EDCO) dans la prise en charge des troubles des apprentissages en milieu scolaire ». Session juin 2021

« Comment les TND influencent-ils la pratique professionnelle des PSY EN EDCO ? ». Session juin 2021

Autres enseignements

Accompagnement de 2 étudiants (M1 et M2 NETA ; 2022) sur un stage « recherche » au CRTA de Nantes. Création et opérationnalisation des objectifs de stage.

EPMECA Le Mans (2023). Participation formation des futurs moniteurs auto-école. *Introduction à la neuropsychologie et à la conduite automobile : propositions de pistes pédagogiques.* (3h)

Titre : Fonctions exécutives et apprentissages scolaires chez l'enfant né prématuré : un regard aux interfaces

Mots clés : Prématurité, Trouble du neurodéveloppement, Régulation cognitive, Vulnérabilité, Neuropsychologie

Résumé : La prématurité est reconnue comme un facteur de risque élevé de perturbation du développement psychologique. Les fonctions exécutives (FE) ont été identifiées comme particulièrement vulnérables chez les enfants nés prématurés (PT), mais leur impact sur les difficultés rencontrées à l'école reste méconnu. L'objectif principal de cette thèse était de mieux comprendre dans quelle mesure le dysfonctionnement de ces processus de contrôle de haut-niveau contribue à rendre compte des troubles des apprentissages scolaires dans ce contexte clinique. Un échantillon de 56 enfants PT nés avant 34 semaines âgés de 7 à 9 ans issu d'une cohorte suivie en CHU a été inclus dans l'étude, lesquels présentaient plusieurs facteurs de protection et un bon niveau intellectuel. Une évaluation inédite a été proposée qui visait à appréhender les principales dimensions des FE

(inhibition, mémoire de travail, flexibilité et planification) et les différents apprentissages académiques (lecture, orthographe et mathématiques), incluant à la fois des tests basés sur la performance et des mesures de vie quotidienne (parents et enseignants). Les résultats montrent que les perturbations des FE chez les enfants PT sont fréquentes mais variables dans leur expression, et qu'elles expliquent une part significative des difficultés rencontrées dans les apprentissages fondamentaux à l'école. Les processus exécutifs de plus haut-niveau comme la planification semblent être plus particulièrement un facteur clé de la réussite scolaire. Les implications cliniques, scientifiques et scolaires de ces résultats sont discutées en regard des facteurs de protection médicaux et environnementaux identifiés dans cet échantillon.

Title : Executive functions and academic learning in children born preterm : an interface perspective

Keywords : Prematurity, Neurodevelopmental disorder, Cognitive regulation, Vulnerability, Neuropsychology

Abstract : Prematurity is recognized as a high-risk factor for disturbed psychological development. Executive functions (EF) have been identified as particularly vulnerable in children born prematurely (PT), but their impact on difficulties encountered at school remains poorly understood. The main aim of this thesis was to increase a better understanding of the extent to which dysfunction in these high-level control processes contributes to academic underachievement in this clinical context. A sample of 56 PT children born before 34 weeks, aged between 7 and 9 years, from a cohort followed in a university hospital, were included in the study, presenting several protective factors and a good intellectual level. A novel assessment was proposed that aimed to capture

the main dimensions of EF (inhibition, working memory, flexibility, and planning) and the various academic learning processes (reading, spelling, and mathematics), including both performance-based tests and measures of daily life (parents and teachers). The results show that EF disorders in PT children are frequent but variable in their expression, and that they explain a significant proportion of the difficulties encountered in basic learning at school. In particular, higher-level executive processes such as planning appear to be a key factor in school success. The clinical, scientific, and educational implications of these findings are discussed in relation to the medical and environmental protective factors identified in this sample.