

MEMOIRE

En vue de l'obtention du
Certificat de Capacité d'Orthophoniste
présenté par

Mélanie BERNE

soutenu publiquement en juin 2021

**Recherche de corrélations entre la cognition
mathématique et le langage oral au CP à travers
une action de repérage en écoles
Etude selon le niveau socio-économique**

MEMOIRE dirigé par

Sandrine MEJIAS, maître de conférences, département d'orthophonie, Université de Lille
Sophie RAVEZ, orthophoniste et enseignante, département d'orthophonie, Université de Lille

Remerciements

Je tiens tout d'abord à adresser mes remerciements à mes directrices de mémoire, mesdames Sandrine Mejias et Sophie Ravez, pour leurs conseils, leur disponibilité et le soutien apportés tout au long de la collecte des données et de la rédaction de ce mémoire.

Merci par avance au jury, pour l'attention accordée à ce travail de fin d'études.

Je tiens également à remercier les enseignants et directeurs des écoles de la région Hauts-de-France, qui ont bien voulu nous accueillir au sein de leurs établissements scolaires et ainsi contribuer à la collecte des données.

Je remercie aussi les enfants qui ont participé avec enthousiasme à la réalisation de ce mémoire ainsi que leurs parents, sans qui nous n'aurions pas pu obtenir ces résultats.

Merci à toutes les orthophonistes que j'ai pu rencontrer et avoir en stage, pour m'avoir donné envie d'exercer ce beau métier, pour m'avoir encouragée et fait progresser dans la bienveillance et dans la bonne humeur.

Plus personnellement, je remercie infiniment ma famille, pour avoir toujours cru en moi malgré mes doutes et pour m'avoir soutenue toutes ces années dans la réalisation de mes projets.

Merci à mon compagnon pour m'avoir encouragée et attendue durant ces cinq années.

Enfin je remercie mes amies lilloises pour avoir été là dans les bons et les moins bons moments et pour m'avoir permis de vivre ces belles années d'études à leurs côtés.

Résumé :

Les mathématiques sont omniprésentes dans notre quotidien et influencent les trajectoires scolaires et professionnelles dès la maternelle. D'après plusieurs études issues de la littérature, le langage oral serait corrélé à la cognition mathématique, et pourrait avoir des répercussions sur cette dernière. Par ailleurs, les enfants sont précocement confrontés à des inégalités selon leur groupe d'appartenance, et des écarts de performances pourraient déjà être observés entre groupes socio-économiques favorisés et défavorisés. Il semble donc nécessaire de pouvoir repérer les enfants à risque de difficultés mathématiques, d'autant plus dans les milieux les plus défavorisés. Notre étude a pour objectif d'apporter des informations supplémentaires sur l'existence de relations entre le langage oral et la cognition mathématique, mais aussi d'examiner si des différences de performances entre les enfants d'écoles REP+ et non REP existent. Nous avons soumis 37 enfants de CP répartis en deux groupes selon leur zone de scolarité à des tests de repérage langagier, mathématique et cognitif. Nous avons aussi récolté les informations relatives à l'utilisation des écrans pour apporter des éléments explicatifs sur les différences de performances observées. Les données obtenues ont ensuite été comparées à l'aune de nos hypothèses de départ. Nos analyses confirment la relation entre langage oral et cognition mathématique, mais aussi l'effet des performances cognitives sur ces deux domaines. Des différences de performances sont finalement retrouvées en langage oral selon la zone de scolarité et les effets néfastes d'une exposition supérieure des enfants de REP+ aux écrans sont observés sur les mathématiques. Ainsi, il paraît nécessaire de poursuivre les actions de prévention, d'autant plus dans les milieux carencés, pour réduire les disparités scolaires et permettre une meilleure égalité des chances.

Mots clés :

Cognition mathématique – langage oral – développement cognitif – repérage – milieu socio-économique.

Abstract :

Mathematics are everywhere in our daily lives and influence our academic and professional careers as early as kindergarten. According to several studies in the literature, oral language is linked to numerical cognition and may impact it. Moreover, at an early age children face inequalities according to their group of origin, and we can point out differences in performances between advantaged and disadvantaged socio-economic groups. Therefore, it seems necessary to be able to spot out children at risk of mathematical difficulties, especially in the most disadvantaged environments. The aim of our study is to provide additional information on the existence of relationships between oral language and numerical cognition, but also to examine if differences in performances exist between children in schools of advantaged and disadvantages areas. We ran language, numerical and cognitive tests on 37 first grade children divided into two groups according to their schooling zone. We also collected information on the use of screens to explain the performance gaps observed. We then compared the data to our initial hypotheses. Our analyses confirm the relationship between oral language and mathematical cognition, but also the effect of cognitive performance on these two areas. Differences in performances are finally found in oral language according to the schooling zone and negative effects of a higher exposure of children of

disadvantaged groups to screens are observed on mathematics. Thus, it seems necessary to continue prevention actions, especially in deprived areas, to reduce school disparities and allow a better equality of opportunity.

Keywords :

Numerical cognition – oral language – cognitive development – spotting – socio-economic level.

Table des matières

Introduction.....	1
Contexte théorique, buts et hypothèses	2
1. Cognition mathématique et langage oral	2
1.1. Développement de la cognition mathématique.....	2
1.1.1. Modèle du triple code de Dehaene	2
1.1.2. Deux systèmes non-symboliques innés et universels	2
1.1.3. Les codes symboliques, fruit d'un apprentissage	3
1.2. Liens entre langage oral et cognition mathématique.....	4
1.2.1. Des corrélats neuro-anatomo-fonctionnels	4
1.2.2. Corrélation entre langage typique et mathématiques.....	5
1.2.3. Corrélation entre troubles du langage et difficultés mathématiques	5
2. Niveaux socio-économiques	6
2.1. Caractéristiques.....	6
2.1.1. Définition sociologique.....	6
2.1.2. Sources d'inégalités du milieu défavorisé.....	6
2.2. Influence du niveau socio-économique sur le développement et la scolarité.....	6
2.2.1. Des inégalités scolaires dès l'arrivée en école maternelle	6
2.2.2. Une influence négative sur le développement cognitif.....	7
2.2.3. Particularités liées à l'exposition aux écrans.....	7
2.2.4. Des conséquences à long terme, notamment pour les mathématiques	7
2.3. Exemple d'une politique éducative : l'éducation prioritaire (REP).....	8
2.3.1. Objectif et mise en œuvre	8
2.3.2. Les axes prioritaires	8
2.3.3. Limites de la politique éducative prioritaire	9
3. Actions de repérage, une mission de prévention.....	9
3.1. Présentation des objectifs et des intérêts	9
3.1.1. La prévention : une mission de santé publique	9
3.1.2. Le repérage : rôle des enseignants	9
3.1.3. Une collaboration nécessaire.....	9
3.2. Exemples d'actions de repérage réalisées en France	10
3.2.1. L'action de repérage COM'ENS pour le langage oral.....	10
3.2.2. Une action de repérage pour le langage écrit	10
3.2.3. Et pour les mathématiques ?.....	10
4. Buts et hypothèses	11
Méthodologie.....	11
1. Participants.....	11
1.1. Critères d'inclusion et d'exclusion.....	11
1.2. Présentation de notre échantillon	11
2. Matériel.....	12
2.1. Autorisations et questionnaires parentaux	12
2.2. GAPS (Grammar and Phonology Screening)	12
2.3. TRTM-CP (test de repérage des troubles mathématiques au CP).....	12
2.4. WNV (Non Verbal Scale of Ability)	12
3. Procédure	13
3.1. Recueil des autorisations et consentements	13
3.2. Administration des tests.....	13
3.3. Traitement des données	13
Résultats	14
1. Résultats obtenus aux épreuves des différents tests	14

1.1.	Présentation de l'échantillon.....	14
1.2.	Présentation des résultats des élèves de CP aux différents tests	14
1.3.	Comparaisons des scores selon le type d'école de scolarité.....	16
2.	Etude de corrélations entre les performances aux différents tests	16
2.1.	Vérification de la cohérence des tests utilisés et d'un éventuel effet de l'âge..	16
2.2.	Lien entre performances langagières et performances mathématiques.....	17
2.3.	Lien entre performances langagières et performances cognitives	17
2.4.	Lien entre performances mathématiques et performances cognitives	17
3.	Incidence de l'utilisation des écrans sur les performances aux tests selon la zone scolaire	17
3.1.	Utilisation des écrans selon les zones éducatives	18
3.2.	Etude des corrélations entre la fréquence et le temps d'exposition aux écrans et les résultats aux différentes épreuves	19
Discussion		19
1.	Interprétation des résultats	19
1.1.	Liens observables entre le langage oral et la cognition mathématique	19
1.2.	Effet des niveaux socio-économiques sur les performances aux tests	21
1.3.	Effet des performances cognitives sur la réussite aux tests langagiers et mathématiques	23
2.	Limites de l'étude.....	24
2.1.	Limites liées au matériel.....	24
2.2.	Limites liées à la méthodologie	24
3.	Perspectives cliniques.....	25
3.1.	Implications cliniques.....	25
3.2.	Pistes de recherche	25
Conclusion		26
Bibliographie.....		28
Liste des annexes.....		37
	Annexe n°1 : Extrait du questionnaire parental utilisé.....	37
	Annexe n°2 : Extrait du protocole du GAPS	37
	Annexe n°3 : Extrait du protocole du TRTM-CP.....	37

Introduction

Les mathématiques sont omniprésentes dans notre quotidien : lire l'heure, jouer à des jeux de société, faire des courses, remplir un chèque etc. Leur développement est précoce (Izard et al., 2009) et des différences de performances peuvent déjà être observées en fin de maternelle selon le niveau socio-économique des parents (Mejias & Schiltz, 2013). Des auteurs établissent un lien entre le développement du langage oral et celui de la cognition mathématique (Peng et al., 2020 ; Pica et al., 2004). En effet, certaines régions cérébrales impliquées lors de tâches mathématiques (Dehaene, 1997) le sont aussi dans les tâches langagières (Habib et al., 2000). De plus, il a été démontré que des difficultés langagières peuvent impacter le domaine mathématique, notamment les systèmes numériques approximatif et exact (Nys et al., 2013). Or, les mathématiques sont prédictives des capacités scolaires ultérieures (Duncan et al., 2007) mais aussi de l'avenir socio-professionnel (Ritchie & Bates, 2013). Ainsi, des difficultés mathématiques pourront évoluer en un retard global et influencer le parcours scolaire et professionnel des individus.

En outre, bien que l'éducation nationale prône l'égalité des chances, les enfants sont très tôt confrontés à des inégalités selon leur groupe d'appartenance. Les milieux les plus favorisés semblent avoir un meilleur accès aux outils scolaires et extrascolaires (Oberti, 2005) et des études établissent un lien négatif entre développement cognitif et milieux défavorisés (Lacroix, et al., 2001). Des difficultés liées au niveau socio-économique peuvent alors se présenter dès l'entrée en maternelle. Batista et Le Normand (2010) ont ainsi observé un décalage langagier dès 27 mois, qui tend à augmenter avec l'âge, entre des sujets de milieux favorisés et défavorisés.

En raison des retentissements précoces des inégalités scolaires selon les niveaux socio-économiques et des conséquences possibles à long terme, le repérage des difficultés mathématiques paraît important. Cependant, ce repérage est limité en CP. En effet, bien que des évaluations nationales soient proposées aux élèves de CP depuis 2018 (Ministère de l'Education nationale, 2019) et des attendus annuels de progression scolaire existent, il n'y a pas, à notre connaissance, de test de repérage spécifique à disposition des enseignants permettant d'identifier les élèves à risque dans ce domaine en France. C'est à cet effet que Mejias et ses collaborateurs (2019) ont élaboré le test de repérage des troubles mathématiques au CP (TRTM-CP).

Ce mémoire s'inscrit dans une lignée de mémoires portant sur une action de repérage du langage oral, du langage écrit et de la cognition mathématique en cycle 1 et en cycle 2. Puisqu'il semble exister une continuité entre le développement du langage oral et celui de la cognition mathématique, notamment le système exact, notre étude vise à déterminer si le niveau en langage oral peut affecter celui en mathématiques mais aussi à évaluer les différences selon le niveau socio-économique. Nous évaluons donc dans les deux domaines des enfants de classe préparatoire (CP), dans des écoles de différents niveaux socio-économiques. Cela permettra de repérer plus précocement les élèves à risque de difficultés mathématiques et de fournir une intervention adaptée (pédagogique et thérapeutique) afin d'éviter l'installation des conséquences scolaires et professionnelles néfastes. Nous commencerons par exposer le contexte théorique et clinique sur lesquels notre étude s'appuie ainsi que nos hypothèses et nos objectifs, puis nous présenterons la méthodologie envisagée pour mener à bien notre travail ainsi que les résultats obtenus. Nous terminerons par une discussion critique autour de ce mémoire de fin d'études.

Contexte théorique, buts et hypothèses

Dans cette première partie, nous présentons le développement de la cognition mathématique et ses liens avec le langage oral. Nous abordons ensuite l'aspect socio-économique et son influence sur le développement cognitif et la scolarité des enfants. Nous concluons en montrant l'importance des actions de repérage en milieu scolaire avant de présenter nos objectifs.

1. Cognition mathématique et langage oral

Les prochains paragraphes s'attacheront à définir, selon la littérature actuelle, les aspects de la cognition mathématique, son développement et ses liens avec le langage oral.

1.1. Développement de la cognition mathématique

Des modèles cognitifs reconnus nous permettent de définir et de comprendre les composants de la cognition mathématique et son développement.

1.1.1. Modèle du triple code de Dehaene

Il existe trois codes distincts et interconnectés pour le traitement du nombre (Dehaene, 1992 ; Dehaene & Cohen, 1995). Le code analogique des magnitudes non-symboliques permet le traitement des quantités par le biais de l'estimation et de la comparaison de grandes quantités et fournit le sens du nombre. Nous possédons une représentation mentale de ces quantités, sous la forme d'une ligne numérique mentale organisée de gauche à droite (Dehaene, 1992). Cette représentation mentale est définie par la loi de Weber et s'exprime par une progression logarithmique. Cette progression tend à devenir linéaire avec l'amélioration de la précision du système numérique approximatif (SNA) et la familiarité aux numérosités en éducation formelle (Berteletti, et al., 2010). Dehaene (1997) met en évidence trois effets qui caractérisent cette représentation mentale des quantités. Il y a d'abord un effet de distance, qui explique une meilleure distinction des quantités lorsqu'elles sont éloignées spatialement sur la ligne numérique mentale. Ensuite l'effet de taille consiste à mieux discriminer les petites quantités que les grandes. Enfin l'effet SNARC (Spatial Numerical Association of Response Code), montre que l'on répond plus vite avec la main gauche pour les petites quantités que pour les grandes (et inversement), ce qui tend à suggérer que notre représentation spatiale des quantités est bien organisée de gauche à droite. Les deux autres codes, auditivo-verbal et visuel-arabe (Dehaene, 1992, 1995), seraient asémantiques (Dehaene & Cohen, 1995 ; Lafay et al., 2013). Ce sont des codes symboliques, créés par l'homme pour répondre à des exigences sociétales, et ils sont donc dépendants des apprentissages. Le code auditivo-verbal intervient pour les faits arithmétiques et les numéraux verbaux et écrits. Le code visuel arabe est quant à lui recruté dans les calculs complexes, le jugement de parité, la lecture et l'écriture des digits. Lorsque nous sommes en présence d'un code, ce dernier est automatiquement associé à la représentation analogique correspondante sur la ligne numérique mentale, ce qui nous permet de déterminer la quantité (Izard & Dehaene, 2008). Nous allons voir que les trois codes du modèle de Dehaene suivent une progression développementale.

1.1.2. Deux systèmes non-symboliques innés et universels

Le code analogique, ou le « sens du nombre » (Dehaene, 1992, 1995), est un code pré-verbal dont les représentations sont non-symboliques. Il fournit une intuition innée de la numérosité et il est considéré comme la première étape dans le développement de la cognition mathématique selon

le modèle développé par von Aster et Shalev (2007). Il existe deux systèmes innés de traitement numérique non-symbolique (Feigenson et al., 2004), dépendant de mécanismes cérébraux distincts (Hyde, 2011). Ces systèmes sont universels, indépendants du langage et des apprentissages. Premièrement, le système numérique approximatif (SNA) permet une discrimination rapide mais approximative des grandes quantités. Il est présent chez les animaux (Church & Meck, 1984 ; Mechner, 1958), dans des cultures primitives (Gordon, 2004 ; Pica et al., 2004) ainsi que précocement chez les nouveau-nés (Izard et al., 2009). Ce système représente les quantités de façon abstraite car indépendant de la modalité de présentation mais il est sensible à un certain ratio. Il gagne en précision au fur et à mesure du développement (Lipton & Spelke, 2003 ; Siegler & Booth, 2004 ; Xu & Spelke, 2000), et continue après le début des apprentissages formels (Halberda & Feigenson, 2008). Sa précision est corrélée à l'acquisition des codes symboliques en début d'apprentissage (Libertus et al., 2013 ; Mussolin et al., 2012 ; Toll et al., 2016) ainsi qu'aux performances mathématiques ultérieures (Mazzocco et al., 2011 ; Siegler & Booth, 2004 ; vanMarle & Geary, 2015). Le deuxième système inné est le subitizing, permettant une représentation rapide et précise des petites quantités jusqu'à trois ou quatre. Les bébés sont aussi sensibles aux petites numérosités, indépendamment du type de présentation (Bijeljac-Babic et al., 1993 ; Starkey & Cooper, 1980 ; Wynn, 1996), ainsi que les animaux (Hauser et al., 1996) et les cultures primitives (Gordon, 2004). Pour von Aster et Shalev (2007), le code analogique va servir de base pour pouvoir ensuite développer le sens du nombre et la ligne numérique mentale en reliant les codes symboliques à la représentation des quantités. En effet, chaque étape du modèle est un palier sur lequel s'appuient les autres apprentissages (von Aster, 2000).

1.1.3. Les codes symboliques, fruit d'un apprentissage

Le langage, l'éducation et l'apprentissage vont permettre le traitement exact des numérosités, par l'attribution arbitraire d'une étiquette symbolique unique (Dehaene, 1997). Il existe deux codes symboliques, correspondant d'ailleurs aux deux autres modules du triple code (Dehaene, 1992, 1995) : le code verbal et le code arabe. L'apprentissage débute avec le code verbal et la chaîne numérique verbale, nécessaire par la suite au dénombrement (Geary, 2000). L'apprentissage du lexique mathématique débute avant l'entrée à l'école. Il permet la symbolisation des quantités, et constitue la deuxième étape du modèle développemental de von Aster et Shalev (2007). Ce lexique est restreint et présente une syntaxe en base dix qui permet de représenter une infinité de quantités (Fayol, 2012). Cependant, le système français n'indique pas cette base immédiatement, ce qui oblige à apprendre le lexique jusqu'à seize et entraîne des différences d'acquisition de la chaîne numérique selon les langues (Miller et al., 1995). L'acquisition de la chaîne numérique verbale nécessite plusieurs étapes jusqu'à six ans : chapelet, liste non-sécable, sécable, chaîne numérique puis bidirectionnelle (Fuson, 1988). Elle est stable, stable et non conventionnelle ou ni stable, ni conventionnelle. En outre, la cardinalité n'apparaît pas directement, car elle est déterminée par la place du mot dans la chaîne verbale (Fayol, 2012). Le mapping sémantique, c'est-à-dire l'association d'une quantité à sa représentation symbolique, serait permis grâce à la maîtrise du comptage (Lipton & Spelke, 2005). Le dénombrement s'appuie sur la capacité à compter, l'ordinalité (Brannon & Van de Walle, 2001) et sur cinq principes : la non pertinence de l'ordre, la correspondance terme à terme, l'abstraction, l'ordre stable et la cardinalité (Gelman & Gallistel, 1986). Certains principes semblent apparaître naturellement au cours du développement, d'autres moins. En effet, l'acquisition de la cardinalité est lente et les enfants ne font pas intuitivement le lien entre comptage et représentation de la quantité (Wynn, 1992). Ils apprennent le lexique numérique sans en comprendre le sens exact, bien qu'ils aient conscience que cela se rapporte à une

quantité. L'expérience et la co-occurrence du comptage avec la quantité concrète aident à mettre du sens. La compréhension de la cardinalité se fait progressivement et individuellement de « un » jusqu'à « quatre » (Le Corre & Carey, 2007), et mettrait dix mois pour être complètement maîtrisée vers quatre ans (Wynn, 1992). A partir de cet âge, la cardinalité est acquise pour l'ensemble des nombres. Sous-tendu par le code verbal, le code arabe va se développer avec la scolarité. Il constitue la troisième étape développementale du modèle de von Aster et Shalev (2007). Le lexique du code arabe comprend dix chiffres, avec une syntaxe positionnelle qui détermine la puissance du nombre. Ce code est appris par le biais du code verbal, ce qui entraîne de fréquentes erreurs de transcodage (Dehaene, 1992). Enfin, l'acquisition des compétences opératoires nécessite la compréhension de règles et de principes spécifiques (Fayol, 2012). Plusieurs étapes sont généralement observées : représentation concrète, utilisation des doigts, submentalisation puis récupération en mémoire (Dehaene, 1997 ; Fayol, 2012). Les stratégies sont apprises implicitement grâce aux expériences de chacun. Les opérations recrutent plusieurs fonctions cognitives telles que la mémoire de travail et les fonctions exécutives. C'est d'ailleurs l'accroissement des capacités de mémoire de travail avec la plasticité cérébrale qui permet le développement de la ligne numérique. Nous arrivons ainsi à relier de plus grandes représentations symboliques avec les quantités correspondantes, plus éloignées sur la ligne (quatrième étape développementale du modèle de von Aster et Shalev). Ces compétences symboliques, influencées par l'intuition numérique que fournit le SNA, sont corrélées aux performances mathématiques ultérieures (Chu et al., 2015 ; Geary, & vanMarle, 2016 ; Toll et al., 2015).

Nous avons pu aborder les modèles définissant la cognition mathématique et son développement, où le langage apparaît indispensable dans le traitement numérique exact. Nous allons à présent voir plus précisément l'influence du langage dans la cognition mathématique.

1.2. Liens entre langage oral et cognition mathématique

Différents liens (structurels, fonctionnels et cliniques) entre le langage oral et la cognition mathématique ont été mis en évidence dans la littérature. Nous allons les détailler ci-dessous.

1.2.1. Des corrélats neuro-anatomo-fonctionnels

De nombreuses régions cérébrales et réseaux neuronaux sont impliqués dans le traitement du nombre (Dehaene & Cohen, 1995 ; Dehaene, 1997). Les deux hémisphères cérébraux sont recrutés, mais seulement l'hémisphère gauche pour le code verbal (Dehaene et al., 2004 ; 2010). Plus précisément, le sillon intrapariétal est activé pour la manipulation des quantités et intervient dans toutes les tâches mathématiques proportionnellement à la difficulté. Le système pariétal bilatéral postérieur traite les dimensions spatiales, impliquées dans les opérations, le dénombrement, l'estimation et la comparaison tandis que le code arabe active un réseau occipito-temporal ventral (Dehaene, 1997). Enfin, le gyrus angulaire et les régions périsylviennes gauches sont liés au code verbal (calcul mental, calcul exact, production et compréhension). Or, ces régions interviennent aussi pour des tâches non numériques (Dehaene, 2010). Des connexions multiples préfrontales, intrapariétales, hippocampiques et temporales ont été mises en évidence (Moeller et al., 2015) et interviennent dans le traitement de la parole et du langage (Habib et al., 2000). Le gyrus angulaire semble quant à lui traiter les nombres et les langues (Willmes, 2018), notamment le stockage de la forme auditive des mots (Dehaene-Lambertz, 2004). En outre, Emerson et Cantlon (2012) ont montré l'existence d'une connectivité fronto-pariétale pour la correspondance des représentations symboliques et non symboliques, dont l'activité était reliée à une meilleure capacité en

mathématiques. Cela révèle l'importance d'un fonctionnement en réseaux et des régions langagières dans le traitement numérique. La participation cérébrale des régions langagières dans le domaine mathématique va alors se refléter dans l'acquisition des habiletés mathématiques.

1.2.2. Corrélation entre langage typique et mathématiques

On a pu voir précédemment l'importance du langage pour discriminer des quantités exactes grâce à l'acquisition d'une étiquette verbale unique par numérosité. De fait, les cultures primitives telles que les Piraha, les Mundurucu ou encore les Homesigners du Nicaragua, qui n'ont pas de lexique numérique précis, ne peuvent accéder à la représentation exacte de grandes quantités (Gordon, 2004 ; Pica et al., 2004 ; Spaepen et al., 2011). Selon Carey (2004) le système numérique exact, dépendant du langage, est déterminant pour le développement des compétences numériques. Le langage, avec le subitizing pré-existant, servirait de support à la compréhension de la cardinalité et à l'amélioration des compétences mathématiques grâce à la reconnaissance des petites numérosités par le comptage et le dénombrement. D'autres études ont analysé l'implication du langage dans les compétences mathématiques scolaires et ont montré cette corrélation (Peng et al., 2020 ; Praet et al., 2013 ; Purpura et al., 2011 ; Zhang et al., 2017). Cela confirme que le langage est crucial pour les performances mathématiques. Enfin, le rôle de la phonologie dans l'acquisition des représentations auditives des mots nombre a été mis en évidence (Krajewski & Schneider, 2009), ce qui pourrait influencer le module verbal de Dehaene (1992, 1995). Ainsi, en cas de difficultés langagières, les habiletés mathématiques dépendantes du langage pourraient être affectées.

1.2.3. Corrélation entre troubles du langage et difficultés mathématiques

La représentation verbale du triple code de Dehaene (1992, 1995) est à la fois interconnectée et indépendante des autres modules. Ainsi, il est possible qu'un module dysfonctionne indépendamment des autres. Pour appuyer la théorie d'un lien important entre le niveau langagier et les compétences mathématiques, plusieurs études ont été menées auprès de populations avec trouble développemental du langage (TDL). Une étude de Nys et ses collaborateurs (2013) a montré que la maîtrise de la chaîne numérique verbale, sa manipulation ainsi que le calcul exact étaient affectés par le TDL par rapport au groupe contrôle (comme l'ont aussi montré Donlan et al., 2007). La comparaison symbolique était aussi altérée, mais pas le système non symbolique. En outre, les auteurs ont trouvé une corrélation des performances mathématiques avec le nombre d'erreurs en répétition. Une autre étude auprès d'enfants avec TDL a observé des résultats similaires, avec un comptage moins précis, des difficultés en transcodage, des stratégies opératoires immatures et une faiblesse pour les faits arithmétiques mais une préservation du code analogique (Cross et al., 2019). Les résultats étaient également corrélés au niveau du traitement linguistique. Ces données penchent en faveur d'une hypothèse de dysfonctionnement spécifique du code auditivo-verbal ainsi qu'un possible facteur phonologique dans la maîtrise des codes symboliques.

Cette première partie a permis de définir les composants de la cognition mathématique, son développement mais aussi de mettre en évidence l'importance du langage sur son acquisition. Nous allons à présent aborder le domaine socio-économique, qui semble être un facteur significatif du développement global de l'enfant, et pourrait donc, influencer les apprentissages mathématiques.

2. Niveaux socio-économiques

Il semble important de s'intéresser aux niveaux socio-économiques puisqu'ils impliquent des différences d'accès dans les apprentissages, notamment scolaires.

2.1. Caractéristiques

Les niveaux socio-économiques sont définis par des critères précis et peuvent être la cause de multiples inégalités.

2.1.1. Définition sociologique

Les groupes sociaux sont hiérarchisés selon des variables économiques, le niveau et le mode de vie, ainsi que les pratiques culturelles (Agostino et al., 2012, p.367). En 1979, Bourdieu (cité par Agostino et al., 2012, p.374) définit la « structure sociale » dont le niveau dépend du capital économique, culturel et social du foyer. Trois classes se distinguent alors : la classe dominante, la plus aisée financièrement et choisie comme référence par l'ensemble de la population, la classe populaire, détenant le moins de capitaux, et entre les deux la classe moyenne. La structure sociale est généralement étudiée grâce à la nomenclature des professions et catégories socio-professionnelles, divisée en 8 secteurs d'activités. Ces niveaux socio-économiques ne vont pas avoir les mêmes possibilités ni les mêmes moyens, au niveau culturel, financier, linguistique et selon le statut sociétal, ce qui va contribuer à la mise en place d'inégalités entre groupes.

2.1.2. Sources d'inégalités du milieu défavorisé

Le milieu défavorisé cumule les inégalités économiques, socio-professionnelles, culturelles, sociales et symboliques (Liénard & Mangez, 2006). Le revenu est généralement faible et l'emploi précaire, avec du chômage et une dépendance aux aides sociales. Ainsi, les activités culturelles et associatives sont limitées, ce qui peut induire un isolement social. Ces inégalités en font un milieu stigmatisé et peuvent se répercuter sur le développement global de l'enfant ainsi que sur sa scolarité (Bara et al., 2008).

2.2. Influence du niveau socio-économique sur le développement et la scolarité

Certains milieux socio-économiques ont une culture proche de celle proposée par l'école. Les enfants issus de milieux moins favorisés auront plus de mal à s'adapter aux attentes scolaires. Cela contribue à creuser les inégalités socio-économiques, ce qui va se répercuter sur les performances scolaires et sur le développement général des enfants.

2.2.1. Des inégalités scolaires dès l'arrivée en école maternelle

Le parcours scolaire dépend de la capacité d'apprentissage et d'adaptation à l'environnement scolaire, de l'environnement, et de la qualité de l'enseignement (Suchaut, 2009). Les inégalités socio-économiques influent significativement dès la maternelle (Liénard & Mangez, 2006). Les enfants n'arrivent pas avec le même bagage linguistique et culturel, ni avec les mêmes connaissances sur les exigences scolaires (Felouzis et al., 2016). La culture véhiculée par l'école est proche de celle des milieux favorisés, ce qui rend son accès plus difficile aux milieux défavorisés. L'école utilise le jeu pour apprendre, les enseignements sont alors implicites et invisibles (Mangez, Joseph et Delvaux, 2002). De fait, les enfants de milieux favorisés comprennent l'objectif implicite des activités, tandis que cela met les enfants de milieux défavorisés en difficulté (Beitone & Hemdane, 2019) car, pour les milieux les plus défavorisés, l'apprentissage ne peut pas passer par le

jeu. Ainsi, il y a un décalage dans la représentation du rôle de l'école, qui se caractérise souvent par une distance et un repli des familles. En outre, du fait de la précarité de leur milieu, les enfants sont moins enclins aux apprentissages et les parents moins impliqués car ils doivent faire face à des situations parfois problématiques (Hache, 2017). Par ailleurs, les parents se désinvestissent et se découragent plus rapidement quand des difficultés scolaires se présentent, car ils pensent que ce n'est pas leur rôle (Bentolila, 2007). Murat (2009) approfondit les inégalités de capital culturel des parents de milieux défavorisés. Leurs savoirs scolaires sont inégaux, le suivi et l'aide aux devoirs peuvent donc être plus compliqués. Les possessions matérielles (livres, ordinateurs) pouvant faciliter l'apprentissage sont moindres dans les milieux défavorisés (Oberti, 2005). Enfin, il existe un lien important entre diplômes des parents et parcours scolaire des enfants. L'intrication de l'ensemble de ces facteurs va ainsi pouvoir influencer le parcours scolaire des enfants. Nous verrons que ces inégalités peuvent aussi affecter leur développement cognitif, bien avant la scolarisation.

2.2.2. Une influence négative sur le développement cognitif

Des études montrent des différences de développement cognitif avant la scolarisation selon le groupe d'appartenance, alors que ces capacités sont nécessaires pour la scolarité (Stipek & Hakuta, 2006). Les ressources économiques et familiales, dont l'éducation maternelle, le revenu, le lieu de résidence et les habitudes de lecture, sont corrélées aux performances cognitives de l'enfant avant trois ans (Lugo-Gil et al., 2008). Une scolarité plus longue de la mère ou encore un revenu plus important se traduisent par une augmentation du score cognitif de l'enfant. De plus, il semble que les activités faites à domicile et notamment la présence de livres soient aussi importantes pour le développement cognitif (Melhuish, 2010). Ainsi, dès l'entrée à l'école maternelle, un décalage de développement intellectuel peut être mesuré entre les enfants de parents les plus et les moins qualifiés (Duru-Bellat, 2003). Par exemple, les performances en conscience phonologique des enfants de milieux précaires sont inférieures à celles des enfants de milieux favorisés car il y a moins d'heures consacrées aux activités autour des livres (Bara et al., 2008). Or, cette capacité est nécessaire et prédictive des performances ultérieures en lecture. Ces inégalités affectant le développement cognitif de l'enfant vont de fait pouvoir engendrer des retombées négatives sur les compétences mathématiques.

2.2.3. Particularités liées à l'exposition aux écrans

Il est aujourd'hui reconnu qu'une exposition prolongée des enfants aux écrans est néfaste pour leur développement. Dans sa thèse, Brodier (2020) montre en effet que lorsque le temps d'écran d'enfants de trois à cinq ans était majoré d'une heure par rapport aux recommandations d'utilisation, des difficultés comportementales, langagières et cognitives étaient aussi plus fréquemment observées. En outre, certains auteurs s'accordent à dire que les enfants des milieux socio-économiques les plus faibles sont davantage exposés aux écrans (ex. Desmurget, 2019 ; Hoyos Cillero & Jago, 2010 ; Poulain et al., 2018). Ces populations sont donc plus à risque de voir leur développement cognitif affecté par une forte exposition aux écrans. Walsh et al. (2018) montraient d'ailleurs qu'une durée supérieure à deux heures par jour entraînait un écart moyen de 4.25 points de QI. De surcroît, l'étude de Pagani et al. (2010) a révélé l'existence d'un lien entre la fréquence d'exposition aux écrans et les habiletés mathématiques.

2.2.4. Des conséquences à long terme, notamment pour les mathématiques

L'influence de l'environnement socio-économique est déjà visible en maternelle avec un développement plus lent en mathématiques pour les classes les plus faibles (Jordan et al., 2006). Le

décalage des résultats selon le groupe d'appartenance apparaît marqué en CP et augmente avec les années de scolarisation, particulièrement en mathématiques au collège, selon l'évaluation PISA qui prend en compte le milieu socio-économique des élèves (Rocher, 2015). De fait, entre 2008 et 2014, le niveau a chuté de 11 points chez 25% des écoles les plus défavorisées. Cette évaluation a aussi montré que les résultats des élèves français étaient les plus influencés par l'origine socio-économique en 2012. Il existe en effet un retard et des risques de redoublement supérieurs au collège selon l'origine sociale et le niveau de diplôme de la mère (Caille & Rosenwald, 2006). Enfin, ces difficultés en mathématiques semblent déterminer le devenir professionnel et social à l'âge adulte (Ritchie & Bates, 2013).

Ainsi, nous avons pu établir que les niveaux socio-économiques n'offraient pas les mêmes opportunités d'avenir selon le groupe d'appartenance, et que des conséquences sur le plan cognitif et sur le plan scolaire pouvaient en découler. Il apparaît donc important de mettre en œuvre des actions spécifiques auprès des plus défavorisés, afin de limiter l'installation de difficultés et permettre à tous un parcours scolaire et professionnel optimal.

2.3. Exemple d'une politique éducative : l'éducation prioritaire (REP)

Pour remédier aux inégalités socio-économiques et à leurs conséquences précoces, une politique d'éducation prioritaire a été mise en place en France dans certaines régions défavorisées.

2.3.1. Objectif et mise en œuvre

Au vu des répercussions des inégalités socio-économiques sur les parcours scolaires que nous venons de détailler, Alain Savary, ministre de l'éducation, a mis en œuvre en 1981 une politique d'éducation prioritaire afin de « corriger l'impact des inégalités sociales et économiques sur la réussite scolaire » en renforçant les actions pédagogiques et éducatives des écoles des zones socio-culturelles les plus en difficulté (Savary, 1981). Des ZEP (zones d'éducatons prioritaires) ont été créées par région, selon plusieurs indicateurs : taux d'échec élevé, situations socio-économiques et familiales défavorisées, caractéristiques de l'habitat... et sont pilotées par des coordinateurs. En 2006, les ZEP sont devenues les RRS (réseaux de réussite scolaire) puis REP et REP+ (réseaux d'éducation prioritaire - plus) en 2015 (SNUIPP, 2019). Cette dernière classification déterminée par la Direction de L'évaluation, de la Prospective et de la Performance s'appuie sur quatre critères, à savoir les catégories socio-professionnelles défavorisées, le taux d'étudiants boursiers, le taux d'élèves résidant en zone sensible ainsi que le taux d'élèves ayant redoublé avant la sixième. Les REP+ sont les zones avec le plus de difficultés. Ils comprennent le collège et les écoles du secteur, afin de mieux s'adapter aux difficultés de l'espace social. Des axes éducatifs précis sont préconisés.

2.3.2. Les axes prioritaires

Le référentiel de l'éducation prioritaire (Ministère de l'Education nationale, 2014) détermine six axes pour permettre l'accès aux savoirs fondamentaux (lire, écrire, parler) et réduire les inégalités. Il s'agit de renforcer le personnel pour analyser et gérer les besoins des élèves. La politique vise aussi la lutte contre le décrochage scolaire par la mise en œuvre d'évaluation régulière des élèves et d'un suivi adapté (PPRE, tutorat). Elle insiste sur la coopération et la communication enseignants-parents et le partenariat avec des associations locales (sportives, sociales, de quartier) pour une ouverture sociale. Le personnel doit travailler en interdisciplinarité pour définir les projets éducatifs et gérer les situations difficiles. Des formations et rencontres sont

favorisées pour améliorer l'accompagnement des élèves. Enfin, le renforcement des réseaux et la valorisation du travail des élèves au niveau local sont demandés.

2.3.3. Limites de la politique éducative prioritaire

En dépit de moyens humains et matériels renforcés, l'évaluation des politiques d'éducation prioritaire montre un manque de résultats significatifs sur la réussite scolaire (Jaeggi, 2008). Duru-Bellat (2009) avance l'idée d'une politique trop générale regroupant des populations à risque d'échec scolaire mais ne ciblant pas assez les besoins spécifiques des élèves pour leur fournir une aide réellement adaptée.

La mise en évidence des besoins spécifiques des milieux précaires mais aussi des effets limités des politiques éducatives montre qu'il est important de mener des actions de repérage précoces pour cibler les élèves à risque et limiter les difficultés en apportant des réponses adaptées.

3. Actions de repérage, une mission de prévention

Les actions de repérage constituent un enjeu de prévention essentiel contre l'installation des difficultés et, à long terme, contre l'échec scolaire.

3.1. Présentation des objectifs et des intérêts

La prévention fait partie du champ d'action des orthophonistes, alors que le repérage relève des enseignants. Il semble donc important que les deux professions puissent collaborer ensemble pour permettre aux élèves en difficultés d'avoir une scolarité réussie.

3.1.1. La prévention : une mission de santé publique

La prévention est un enjeu de santé publique et fait partie des missions de l'orthophonie (FNO, 2019). Elle est revalorisée et renforcée depuis 2017 (convention nationale des orthophonistes, articles 1 et 4, 2017). L'orthophoniste intervient à tous les niveaux : primaire par l'information et la formation, secondaire par l'aide au repérage et au dépistage des enfants à risque, et tertiaire par le bilan orthophonique (Denni-Krichel, 2001). Le repérage est nécessaire pour répondre précocement aux besoins spécifiques des élèves et éviter l'échec scolaire puisqu'ils bénéficient encore de la plasticité cérébrale (Chevrie Muller, 2002).

3.1.2. Le repérage : rôle des enseignants

Le repérage des difficultés d'apprentissage incombe aux enseignants (Vallée & Dellatolas, 2005), qui sont en première ligne puisqu'ils sont référents des élèves en dehors de la maison et les rencontrent quotidiennement. Ils sont donc les plus à même de les repérer, de les orienter et de leur apporter l'aide pédagogique dont ils ont besoin précocement pour éviter les conséquences négatives scolaires et professionnelles à plus long terme (INSERM, 2008 ; HAS, 2017). De fait, ils ont besoin d'outils fiables pour objectiver les capacités des élèves mais aussi d'avoir des connaissances précises sur les troubles d'apprentissage.

3.1.3. Une collaboration nécessaire

Les besoins éducatifs particuliers sont fréquents et les enseignants ont pour mission de les repérer, mais il apparaît qu'ils manquent de moyens pour repérer les élèves « à risque ». En effet, la définition est floue, ce qui induit un défaut de repérage et une insuffisante adaptation (Desombre et

al., 2013). Les enseignants déplorent d'ailleurs un manque de formation, de connaissances et de collaboration avec les orthophonistes, qui leur permettraient d'aider au mieux les élèves (Glover, McCormack & Smith-Tamaray, 2015 ; Mougel, 2009). Il est donc nécessaire de travailler avec eux pour les sensibiliser, les informer et leur donner des outils adaptés pour identifier au mieux les élèves à risque et assurer un parcours scolaire réussi (ASHA, 2010 ; Guigou et al., 2002).

3.2. Exemples d'actions de repérage réalisées en France

Des actions de repérage ont été réalisées en France, avec la collaboration d'enseignants et d'orthophonistes. Nous allons, à travers deux exemples dans différents domaines d'apprentissage, en évoquer les bénéfices mais aussi les limites pour le domaine mathématique.

3.2.1. L'action de repérage COM'ENS pour le langage oral

L'action a été développée dans les Hauts-de-France en 2003 dans le cadre d'un programme de santé favorisant le partenariat orthophonistes-enseignants (Coquet, 2007). Elle consistait à aider les enseignants à repérer les enfants à risque de trouble développemental du langage grâce au DPL3 (Coquet & Maetz, 1996 ; réédité en 2010) et à proposer aux enfants repérés « à risque » des activités spécifiques autour d'un album, pour prévenir l'échec scolaire. Les orthophonistes ont formé les enseignants à l'utilisation du test qui leur est destiné et les ont aidés à adapter leur pédagogie, par des conseils et un accompagnement pendant les activités. Les résultats ont été positifs pour les élèves au niveau scolaire et langagier, ainsi que pour les enseignants. Cela a montré que la collaboration enseignants-orthophonistes était bénéfique pour le langage oral.

3.2.2. Une action de repérage pour le langage écrit

Leclercq et al. (2015) ont quant à eux mené une action de repérage par le biais du ROC et de l'ELFE en début d'année scolaire dans quatre écoles primaires pour identifier les élèves en difficultés de lecture et leur apporter un soutien spécifique. Les enseignants ont été formés sur le développement normal de la lecture, aux tests utilisés et des conseils pédagogiques sous forme de fiches leur ont été transmis. Les élèves « à risque » du groupe expérimental ont pu bénéficier d'interventions spécifiques selon les difficultés observées. Une évaluation, réalisée en fin d'année, a montré des résultats significatifs et nettement supérieurs au groupe contrôle. Cette étude révèle une fois encore l'effet positif du repérage en langage écrit sur le parcours scolaire.

3.2.3. Et pour les mathématiques ?

Si les actions et les tests de repérage en langage oral et écrit semblent fréquents (INSERM, 2007), il en va tout autrement pour les mathématiques. Or, des difficultés sont déjà visibles en maternelle et il est aujourd'hui reconnu qu'elles ont des conséquences sur la scolarité générale (Duncan et al., 2007). Il apparaît donc nécessaire de les repérer précocement. Cependant, peu d'outils à destination des enseignants existent dans ce domaine. Lafay, Archambault, Macoir et Vigneron (2018) font référence à deux tests : le QUIDAM et le NS-f. Néanmoins, le premier est québécois et ne peut être proposé qu'à partir du CE2 et le deuxième semble manquer de sensibilité et de spécificité clinique. Ce constat montre l'intérêt de proposer un test de repérage en mathématiques adapté pour cibler les élèves à risque dès le CP, d'autant plus dans les milieux les moins favorisés où les difficultés scolaires sont élevées.

4. Buts et hypothèses

Nous avons pu voir que le langage et les mathématiques étaient intriqués, que le niveau socio-économique influait sur le développement cognitif et que le repérage était bénéfique. Notre objectif est d'appuyer ces arguments, en observant l'influence du langage oral sur la cognition mathématique en CP, mais aussi en évaluant un possible retentissement du niveau socio-économique sur le développement cognitif et donc sur ces apprentissages. Cela permettra de contribuer au recueil d'informations à destination des parents et des enseignants sur un site internet dédié à cet effet, afin de favoriser le repérage précoce des enfants à risque de difficultés ou de troubles en cognition mathématique, et d'en limiter les conséquences. Nous émettons plusieurs hypothèses. Si, comme le montrent les études évoquées précédemment, le niveau socio-économique est prédictif du développement cognitif, et si les milieux socio-économiques défavorisés sont plus exposés aux écrans, nous observerons une différence de performances entre les milieux tout-venant et les milieux plus défavorisés. De plus, si le langage oral est lié au niveau mathématique, les compétences mathématiques des enfants ayant eu des résultats plus faibles lors du test langagier devraient être inférieures (et inversement). Enfin, si le développement cognitif est lié au niveau socio-économique, nous devrions trouver des résultats inférieurs en langage oral dans les écoles de faible niveau socio-économique et des répercussions sur le niveau mathématique en CP.

Méthodologie

1. Participants

Nous présentons ici les critères de sélection des participants ainsi que leurs caractéristiques.

1.1. Critères d'inclusion et d'exclusion

Les participants inclus dans cette étude sont des élèves de CP de la région Hauts-de-France, afin de tester leurs compétences mathématiques et langagières. Ces élèves sont scolarisés dans des écoles de milieux standards (non REP) et défavorisés (REP+) pour pouvoir comparer les effets des milieux socio-économiques sur les performances des élèves. Enfin, les enfants inclus dans l'étude ont nécessairement obtenu au préalable une autorisation parentale favorable au recueil de données.

1.2. Présentation de notre échantillon

Notre échantillon est composé de 37 enfants scolarisés en région Hauts-de-France, âgés de 5;11 ans à 7;1 ans lors des passations. Les enfants ont été répartis en deux groupes : non REP et REP+. Nous avons essayé de réaliser deux groupes les plus égaux possible, en termes de nombre de participants et de sexe. Le tableau 1 synthétise les caractéristiques des participants de l'étude.

Tableau 1. Présentation de l'échantillon.

Zone éducative	Filles	Garçons	Total
Non REP	9	8	17
REP+	12	8	20
Total	21	16	37

2. Matériel

Nous présentons ci-dessous les outils utilisés pour récolter les données nécessaires à la réalisation de l'étude. Des extraits du questionnaire et des protocoles utilisés sont mis à disposition en annexes du mémoire.

2.1. Autorisations et questionnaires parentaux

Avant de pouvoir commencer les passations des différents tests, des formulaires de consentement présentant l'objectif et les conditions de passation de l'étude ont été distribués aux responsables légaux des enfants de CP. Ces formulaires devaient être signés par les parents autorisant la participation de leur enfant puis retournés aux enseignants. L'autorisation était également accompagnée d'un questionnaire parental sur les activités pratiquées à la maison par leur enfant. Ce questionnaire comprenait trois parties. La première consistait à classer les activités que l'enfant pratique à la maison selon leur fréquence. La deuxième abordait la fréquence et l'utilisation des écrans à la maison. La troisième s'intéressait aux activités de jeux de société. Ces informations ont été utilisées pour les analyses des données obtenues.

2.2. GAPS (Grammar and Phonology Screening)

Pour évaluer le langage oral des enfants de CP, nous avons utilisé le GAPS (en préparation). Cet outil de repérage des troubles du langage oral de 3;6 à 6;6 ans, a été élaboré dans le cadre d'un projet européen à Londres. Il permet d'évaluer rapidement les compétences phonologiques et morphosyntaxiques dans plusieurs langues. Il comprend une épreuve de répétition de phrases et une épreuve de répétition de pseudo-mots. Il a été normalisé et validé en français au cours de plusieurs mémoires d'orthophonie de l'Université de Lille (ex. Ribeiro, 2016 ; Cazaux-Burgues, 2018 ; Constantial, 2018). Ce test a pour objectif d'être destiné à tous les adultes en lien avec l'enfant, professionnels ou non (Van der Lely et al., 2011), pour améliorer l'identification précoce d'éventuelles difficultés et leur prise en charge.

2.3. TRTM-CP (test de repérage des troubles mathématiques au CP)

Pour évaluer les compétences mathématiques des élèves de CP, nous avons utilisé le TRTM-CP. Il a été élaboré par Mejias, Muller et Schiltz (2019) afin que les enseignants puissent détecter d'éventuelles difficultés mathématiques dès le CP. Il permet un screening des compétences de l'enfant, avec des épreuves de transcodage, de comparaison numérique et d'arithmétique réalisées en groupe classe. Cela permettra d'orienter les décisions des enseignants pour les élèves à besoins particuliers et d'éviter des répercussions scolaires.

2.4. WNV (Non Verbal Scale of Ability)

Pour évaluer le niveau cognitif global des enfants selon leur milieu d'appartenance, nous avons choisi d'utiliser la version pour enfant de 4 à 7;11 ans de l'échelle non verbale d'intelligence WNV (WNV, Wechsler, Naglieri, 2009). La version courte contient des subtests de matrices et de reconnaissance (Terriot, 2014). Nous nous sommes dans cette étude appuyés sur le subtest « matrice non verbale » de la WNV, qui permet d'avoir une analyse rapide des compétences cognitives globales de l'enfant, indépendamment des capacités linguistiques.

3. Procédure

Nous détaillons à présent l'organisation générale ayant permis la récolte des données dans les écoles REP+ et non REP ainsi que leur analyse.

3.1. Recueil des autorisations et consentements

Les demandes d'autorisations auprès de plusieurs établissements de la région ont été effectuées par les directrices de ce mémoire, de même que l'autorisation du Comité d'Éthique d'Établissement (Université de Lille, protocole n° 2019-372-S76) et d'une déclaration à la CNIL GED (Université de Lille, protocole n° 201987). Nous avons d'abord commencé par un travail de recherche des écoles primaires correspondant aux critères d'inclusion de l'étude, en zone non REP et en REP+. Puis nous avons contacté par téléphone les directeurs des écoles primaires, afin de leur présenter notre projet, de demander la possibilité de venir tester les élèves de CP et de convenir d'un premier rendez-vous. Nous avons ainsi collaboré avec deux écoles REP+ et une école non REP. Une fois l'accord des équipes éducatives obtenu, les rendez-vous fixés et les autorisations signées, nous nous sommes rendus sur place pour réaliser les passations des tests de repérage cognitif, langagier et mathématique. Avant de commencer la passation des différents tests, nous nous sommes présentés aux enseignants et aux enfants.

3.2. Administration des tests

Le recueil des données s'est déroulé entre fin 2020 et début 2021, dans les établissements sélectionnés, en classes ou à proximité des classes, en modalité papier-crayon. Nous avons essayé de réaliser les différents tests de façon rapprochée, afin qu'il n'y ait pas de biais de maturation. Les passations du GAPS et de la matrice non verbale de la WNV se réalisent en modalité individuelle dans des salles isolées, pour des durées respectives d'environ cinq et quinze minutes. Le TRTM-CP est quant à lui présenté en collectif dans les classes pendant environ dix minutes. Un dossier est remis à chaque enfant, sur lequel il inscrit ses réponses. Les consignes sont données à l'oral par l'examineur. La cotation de chaque item est binaire (0 ou 1).

3.3. Traitement des données

A la suite des sessions de repérage dans les écoles, nous avons récupéré l'ensemble des fiches de passation sur lesquelles les productions sont notées et les cotations brutes effectuées. Les données des participants ont ensuite été encodées dans un fichier tableur Excel (Microsoft Office, Version 18.2008.12711.0, 2020) pour pouvoir être analysées statistiquement avec le programme SPSS (IBM Corp, 2017). Un identifiant unique a été attribué à chaque participant afin de préserver son anonymat. Pour chacun, l'âge, le sexe, le milieu socio-culturel, les informations issues du questionnaire parental et les résultats aux différents tests réalisés ont été retranscrits dans le tableur. Les informations manquantes étaient retranscrites avec un point. Lorsque toutes les informations ont été correctement encodées et vérifiées par une tierce personne, nous avons procédé à des analyses statistiques pour vérifier nos hypothèses de départ. Nous avons notamment utilisé le test t de Student qui permet de comparer les moyennes de deux échantillons indépendants et de déterminer si ces moyennes sont significativement différentes. Nous avons aussi utilisé la corrélation de Bravais-Pearson notée r qui permet d'observer l'existence de relations linéaires entre plusieurs variables quantitatives continues.

Résultats

Nous décrivons à présent les résultats de notre échantillon, récoltés par le biais des tests et du questionnaire parental, ainsi que les résultats des analyses statistiques effectuées.

1. Résultats obtenus aux épreuves des différents tests

1.1. Présentation de l'échantillon

Le tableau 1, présenté précédemment dans la partie méthodologique, reprend les informations principales concernant l'échantillon de cette étude. Sur les 37 participants, notons que deux enfants (issus des groupes REP+ et non REP) n'ont pas pu être évalués conjointement avec le GAPS et la matrice non verbale de la WNV.

1.2. Présentation des résultats des élèves de CP aux différents tests

Les tableaux 2, 3 et 4 présentés ci-dessous reprennent les résultats obtenus par les enfants lors des passations respectives du GAPS, du TRTM-CP ainsi que de la matrice non verbale de la WNV selon la zone de scolarisation. Les enfants scolarisés en REP+ avaient en moyenne 75 mois et les enfants scolarisés en zone standard avaient en moyenne 78.29 mois. L'effectif (N) correspond au nombre de participants pour lesquels des données ont été collectées en regard des différentes épreuves et selon la zone éducative.

Tableau 2. Résultats obtenus au GAPS selon la zone éducative.

Epreuves	Zone de scolarisation	N	Score minimum	Score maximum	Moyenne	Ecart-type
Répétition de phrases	Non REP	16	5	13	11.00	2.42
	REP+	19	3	13	9.58	2.67
	Total	35	3	13	10.23	2.62
Répétition de pseudo-mots	Non REP	16	3	8	6.75	1.39
	REP+	19	0	8	5.58	2.12
	Total	35	0	8	6.11	1.89
Score Total	Non REP	16	8	21	17.75	3.43
	REP+	19	5	20	15.16	3.73
	Total	35	5	21	16.34	3.78

Tableau 3. Résultats obtenus au TRTM-CP selon la zone éducative.

Epreuves	Zone de scolarisation	N	Score minimum	Score maximum	Moyenne	Ecart-type
Dictée de nombres arabes	Non REP	17	3	10	8.82	2.19
	REP+	20	7	10	9.60	0.82
	Total	37	3	10	9.24	1.62
Comparaison de nombres arabes	Non REP	17	5	12	9.82	2.01
	REP+	20	6	12	9.70	1.81
	Total	37	5	12	9.76	1.88
Maisons des compléments (additions)	Non REP	17	0	18	10.24	7.59
	REP+	20	1	18	11.55	6.52
	Total	37	0	18	10.95	6.96
Score Total	Non REP	17	10	40	28.88	9.79
	REP+	20	15	40	31.25	7.73
	Total	37	10	40	30.16	8.69

Tableau 4. Résultats obtenus à la matrice non verbale (WNV) selon la zone éducative.

Matrice non verbale	Zone de scolarisation	N	Score minimum	Score maximum	Moyenne	Ecart-type
Score brut	Non REP	16	9	23	16.13	3.88
	REP+	19	9	22	13.68	3.89
	Total	35	9	23	14.80	4.02
Score corrigé (Note T)	Non REP	16	35	73	55.63	10.08
	REP+	19	33	72	49.74	11.42
	Total	35	33	73	52.43	11.08

1.3. Comparaisons des scores selon le type d'école de scolarité.

Nous avons d'abord cherché à savoir si des différences étaient observables entre les scores des enfants aux différentes épreuves selon le type de scolarisation, et donc s'il existait un lien entre le milieu socio-économique et la réussite aux différentes épreuves. Pour ce faire, nous avons utilisé le test t de Student qui permet de comparer les moyennes de deux groupes indépendants et de déterminer si ces moyennes sont significativement différentes. Les résultats sont dits « significatifs » lorsque la p valeur est inférieure à .05. Les résultats sont dits « marginaux » lorsqu'ils se trouvent entre .05 et .08.

Nous retrouvons deux différences significatives. D'une part, nous observons une différence entre les moyennes d'âge des deux groupes selon la zone éducative ($t(27) = 2.782$; $p = .01$). Ainsi les enfants du groupe non REP sont plus âgés ($M = 78.29$; $ET = 4.150$) que les enfants du groupe REP+ ($M = 75.00$; $ET = 2.791$). Ces résultats sont cependant à nuancer puisqu'il n'y a en réalité que trois mois d'écart entre la moyenne des enfants les plus âgés (non REP) et celle des plus jeunes (REP+). D'autre part nous retrouvons une différence significative entre les scores des enfants non REP et REP+ au score total du GAPS ($t(33) = 2.122$; $p = .041$), comme l'indique le tableau 2. Les enfants du groupe non REP obtiennent donc de meilleurs scores que les enfants scolarisés en REP+.

Par ailleurs, nous notons une différence marginale entre ces deux groupes d'enfants concernant le subtest « répétition de pseudo-mots » du GAPS ($t(33) = 1.894$; $p = .067$), ce qui semble indiquer un léger effet du niveau socio-économique sur le domaine phonologique du langage en faveur du groupe non REP (tableau 2). Les résultats présentés dans le tableau 4 mettent également en évidence une différence marginale entre les score bruts à la matrice non verbale de la WNV selon la zone éducative, ($t(33) = 1.852$; $p = .073$), en défaveur des enfants du groupe REP+. En revanche, aucune différence significative n'est retrouvée pour la batterie mathématique.

2. Etude de corrélations entre les performances aux différents tests

Le coefficient de corrélation de Pearson (r) a été utilisé afin d'évaluer les potentielles relations linéaires entre les résultats aux différentes épreuves ainsi que pour analyser l'effet de l'âge sur les différents scores obtenus. De la même façon que pour le test t de Student, les résultats sont considérés significatifs quand $p < .05$. et marginaux quand $.05 < p < .08$.

2.1. Vérification de la cohérence des tests utilisés et d'un éventuel effet de l'âge

Nous avons d'abord vérifié que les épreuves étaient cohérentes entre elles et permettaient bien d'évaluer les domaines ciblés par les tests utilisés. Nous pouvons d'abord observer que les épreuves du GAPS sont corrélées entre elles ($r = .386$; $p = .022$ entre « répétition de phrases » et « répétition de pseudo-mots » ; $r = .887$; $p \leq .001$ entre « répétition de phrases » et « score total » et $r = .768$; $p \leq .001$ entre « répétition de pseudo-mots » et « score total »). Les épreuves du TRTM-CP sont également corrélées entre elles ($r = .558$; $p \leq .001$ entre « dictée » et « comparaison » ; $r = .432$; $p \leq .001$ entre « dictée » et « maisons » ; $r = .665$; $p \leq .001$ entre « dictée » et « total batterie » ; $r = .507$; $p = .001$ entre « comparaison » et « total batterie » et $r = .931$; $p \leq .001$ entre « maisons » et

« total batterie »). Enfin le score brut de la WNV est corrélé au score corrigé (Note T) avec $r = .982 ; p \leq .001$.

Afin d'évaluer un potentiel effet d'âge sur les résultats retrouvés au GAPS, au TRTM-CP et à la matrice non verbale de la WNV, nous avons aussi étudié les liens entre l'âge et les scores aux tests avec la corrélation r de Pearson. Une corrélation significative est observée entre le score total à la WNV et l'âge des participants ($r = .352 ; p = .038$). Aucune autre relation significative n'est retrouvée entre les performances obtenues aux autres tests et l'âge.

2.2. Lien entre performances langagières et performances mathématiques

Nous avons cherché à savoir si les résultats obtenus au GAPS étaient corrélés à ceux obtenus au TRTM-CP. Nous observons en effet une corrélation positive entre le score total du GAPS et le score total au TRTM-CP ($r = .481 ; p = .003$). Nous avons ensuite voulu savoir si certains domaines linguistiques étaient davantage liés aux résultats obtenus au TRTM-CP. Nous retrouvons de fait une corrélation positive entre la sous épreuve « répétition de phrases » du GAPS et le score total au TRTM-CP ($r = .571 ; p \leq .001$) ainsi qu'entre l'épreuve « maisons » et le score total au GAPS ($r = .579 ; p \leq .001$). Enfin nous notons une corrélation inter-épreuve entre « répétition de phrases » et « maisons » ($r = .677 ; p \leq .001$).

2.3. Lien entre performances langagières et performances cognitives

Nous avons ensuite analysé si les résultats obtenus au GAPS étaient corrélés à ceux obtenus à la matrice non verbale de la WNV. Nous retrouvons effectivement une corrélation positive et significative entre les scores bruts totaux obtenus aux deux épreuves ($r = .446 ; p = .007$). Un lien semble donc bien exister entre les performances langagières et les performances cognitives non verbales. De plus, comme observé avec les mathématiques, le score « répétition de phrases » est corrélé positivement avec le score brut total à la WNV ($r = .439 ; p = .008$). Les mêmes corrélations sont retrouvées avec le score corrigé de la WNV ($r = .412 ; p = .014$ avec « répétition de phrases » et $r = .411 ; p = 0.14$ avec le score total au GAPS).

2.4. Lien entre performances mathématiques et performances cognitives

En dernier lieu, nous avons voulu savoir s'il existait une corrélation entre les scores au test WNV et TRTM-CP. Nous retrouvons effectivement une corrélation positive et significative entre les résultats globaux des deux épreuves ($r = .375 ; p = .026$) mais aussi avec le score « maisons » du TRTM-CP ($r = .336 ; p = .048$). Les performances mathématiques semblent donc, tout comme les performances langagières, liées aux capacités cognitives non verbales des enfants évalués. Nous retrouvons ces mêmes corrélations avec le score corrigé de la WNV ($r = .360 ; p = .033$ avec « maisons » et $r = .413 ; p = .014$ avec le score total au TRTM-CP).

3. Incidence de l'utilisation des écrans sur les performances aux tests selon la zone scolaire

Après avoir analysé les résultats obtenus aux différents tests selon les zones de scolarisation, nous nous sommes intéressés aux activités réalisées à la maison, notamment la fréquence et le temps d'utilisation des écrans. Nous avons effectivement pu constater dans la partie théorique que les activités pratiquées à la maison pouvaient influencer sur les apprentissages ultérieurs. Nous cherchons

donc à savoir s'il y a d'une part une différence au niveau de l'exposition aux écrans selon les niveaux socio-économique, et d'autre part à évaluer si l'utilisation des écrans peut être liée aux performances retrouvées dans les différents tests. Sur les 37 enfants compris de l'échantillon, un questionnaire parental n'a pas été complété (enfant en REP+).

3.1. Utilisation des écrans selon les zones éducatives

Les tableaux 5 et 6 présentent respectivement les pourcentages de fréquence et de temps d'utilisation des écrans en fonction de la zone éducative, selon les informations recueillies par le biais des questionnaires parentaux.

Tableau 5. Fréquence moyenne d'utilisation des écrans (en pourcentage).

	Jamais	< 1 fois par mois	1 à 3 fois par mois	1 à 2 fois par semaine	3 à 4 fois par semaine	5 à 6 fois par semaine	Tous les jours
Non REP (N = 17)	5.9	17.6	17.6	29.4	11.8	5.9	11.8
REP+ (N = 19)	5.3	5.3	21.1	36.8	15.8	10.5	5.3
Total (N = 36)	5.6	11.1	19.4	33.3	13.9	8.3	8.3

Dans le tableau 5, nous constatons que le pourcentage d'enfants n'utilisant jamais ou moins d'une fois par mois les écrans est plus élevé pour les enfants du groupe non REP (23.5%) que pour les enfants scolarisés en REP+ (10.6%). De même, 68.4% des enfants en REP+ sont exposés aux écrans plusieurs fois par semaine, contre 58.9% des enfants non REP.

Tableau 6. Temps moyen passé sur les écrans par utilisation (en pourcentage).

	< 30 minutes	30-59 minutes	1h-1h29	1h30-2h	>2h
Non REP (N = 16)	43.8	43.8	6.3	6.3	0
REP+ (N = 17)	41.2	29.4	23.5	0	5.9
Total (N = 33)	42.4	36.4	15.2	3.0	3.0

Concernant le temps moyen d'exposition aux écrans par utilisation (tableau 6), nous notons que 12.6% des enfants qui ne sont pas scolarisés en REP+ sont confrontés aux écrans au minimum une heure par utilisation, contre 29.4% des enfants scolarisés en REP+ ayant répondu au questionnaire.

3.2. Etude des corrélations entre la fréquence et le temps d'exposition aux écrans et les résultats aux différentes épreuves

Nous avons réutilisé le coefficient de corrélation de Pearson (r) afin d'évaluer les potentielles relations entre l'exposition aux écrans à la maison et les résultats aux différents tests.

Tout d'abord, la fréquence d'utilisation des écrans est corrélée au temps passé sur les écrans ($r = .474$; $p = .005$). Cela signifie que les enfants qui sont le plus fréquemment exposés aux écrans sont aussi ceux qui y consacrent le plus de temps par utilisation.

En revanche, nous observons des corrélations négatives significatives entre l'exposition aux écrans et les performances mathématiques. En effet, une corrélation négative significative est établie entre la fréquence d'utilisation des écrans et le score total au TRTM-CP ($r = -.387$; $p = .020$). Des corrélations négatives significatives sont également retrouvées entre la fréquence d'utilisation des écrans et la plupart des épreuves mathématiques, dont le score « comparaison » ($r = -.436$; $p = .008$) et le score « maisons » ($r = -.361$; $p = .031$). Ainsi, plus l'utilisation des écrans est fréquente, plus les scores obtenus au TRTM-CP diminuent.

Discussion

Les résultats décrits précédemment seront interprétés et commentés dans cette partie. Nous verrons également les limites méthodologiques de cette étude ainsi que les perspectives futures pour la recherche.

1. Interprétation des résultats

Pour rappel, nous avons pour objectif d'évaluer l'influence du langage oral sur la cognition mathématique, puisque nous avons constaté initialement à plusieurs égards que des aspects langagiers étaient liés aux capacités mathématiques. Nous avons aussi souhaité analyser un potentiel effet du niveau socio-économique sur les performances cognitives des élèves et par conséquent des répercussions sur le langage oral et sur la cognition mathématique. Au vu des éléments relevés dans la littérature, nous émettions alors plusieurs hypothèses. Premièrement, si le langage oral joue un rôle au niveau de la cognition mathématique, alors les enfants les plus faibles au test langagier doivent également obtenir des notes inférieures au test de mathématiques. Deuxièmement, si le niveau socio-économique est lié aux performances cognitives, et l'exposition aux écrans est plus importante dans les milieux les plus défavorisés, nous devrions observer des écarts de performances entre les milieux standard et les milieux défavorisés. Par ailleurs, si le niveau socio-économique impacte effectivement les performances cognitives des enfants testés, alors les résultats langagiers des enfants de REP+ pourraient être inférieurs à ceux des enfants non REP et alors affecter leurs performances mathématiques.

1.1. Liens observables entre le langage oral et la cognition mathématique

Le premier objectif de ce travail de recherche était d'examiner s'il existait un effet du langage oral sur les performances mathématiques des enfants de CP. Les résultats obtenus par notre population vont dans ce sens et suggèrent une relation positive entre les performances langagières et

les performances mathématiques. Ainsi, plus les performances langagières des enfants sont faibles, plus les performances mathématiques ont tendance à être faibles. Ceci est cohérent avec ce que l'on peut retrouver dans la littérature actuelle concernant l'intrication de la cognition mathématique avec le langage oral et vérifie notre hypothèse de départ. En effet le modèle du « triple code » de Dehaene (1992, 1992) relève une part importante du langage oral investi dans la cognition mathématique avec un module spécifique dédié au langage, le code verbal, traitant des numéraux verbaux, du comptage, du dénombrement et des faits arithmétiques. Par ailleurs plusieurs auteurs dont Dehaene et al. (2003) ont montré que les zones dédiées au traitement mathématique étaient aussi activées pour le traitement linguistique. D'autres études observationnelles précédemment réalisées ont révélé des résultats similaires aux nôtres (Praet et al., 2013 ; Nys et al. 2013) ce qui tend à montrer que les performances langagières pourraient vraisemblablement structurer les habiletés mathématiques notamment au niveau du système numérique exact.

La présente étude a aussi permis de mettre en évidence une corrélation entre l'épreuve « répétition de phrases » et l'épreuve « maisons ». Ces résultats sont intéressants car ils laissent supposer que les habiletés syntaxiques expressives pourraient intervenir dans la capacité à traiter le domaine « calcul » de la cognition mathématique. Lorsque l'on s'intéresse de façon plus approfondie aux deux compétences, syntaxique et arithmétique, on peut en effet relever des mécanismes communs qui pourraient potentiellement expliquer le lien que l'on retrouve dans nos résultats. L'épreuve « maisons » consiste à résoudre de petites additions à trous (quatre, cinq et six comme somme maximum). Leur résolution peut donc se faire soit en passant par la connaissance des faits arithmétiques, soit par la mise en place des stratégies de calcul. Dans l'hypothèse où les enfants passeraient par la récupération de faits arithmétiques, le langage serait forcément impliqué puisque ces faits sont stockés sous forme verbale dans le code verbal de Dehaene (1992, 1995) en mémoire à long terme. Si au contraire les enfants ne maîtrisent pas encore ces faits arithmétiques, ils doivent alors obligatoirement passer par le calcul pour pouvoir résoudre les petites additions. Or ce calcul nécessite plusieurs compétences selon Fayol (2018), dont la maîtrise des règles opératoires (commutativité, élément neutre...), les fonctions exécutives (planification des étapes, inhibition de la mauvaise stratégie, flexibilité en cas d'erreur) mais aussi la mémoire de travail. Pour la syntaxe, et plus spécifiquement pour cette épreuve de répétition de phrases, on peut aussi retrouver l'intervention de ces mêmes habiletés. En effet l'encodage syntaxique nécessite plusieurs étapes avant la production. Le modèle de Levelt (1989) comprend ainsi trois étapes successives avec d'abord la conception du message, puis la formulation du message avec le choix des mots et leur ordre et enfin l'articulation orale. On peut constater qu'il existe, tout comme pour le calcul, des règles procédurales dans le choix des catégories grammaticales et l'agencement des mots dans l'énoncé, mais aussi l'intervention des fonctions exécutives avec la planification de l'ordre des éléments du message selon l'intention communicative. La mémoire de travail semble également intervenir puisqu'il faut mémoriser l'ensemble des informations (ordre des mots, encodage grammatical, phonologique...) et contrôler les processus à chaque niveau pour éventuellement corriger le message. La mémoire de travail auditivo-verbale intervient d'autant plus dans l'épreuve de « répétition de phrases » du GAPS car l'enfant doit mémoriser puis répéter des phrases de longueur variable. Ainsi on peut se rendre compte que certains processus sont similaires dans la réalisation de calculs et dans la programmation syntaxique, ce qui pourrait expliquer la corrélation retrouvée entre les épreuves « maisons » et « répétition de phrases ». Plusieurs études portant sur des enfants avec TDL ont d'ailleurs mis en lumière un effet du langage sur les habiletés

arithmétiques (ex. Cross et al., 2019 ; Nys et al., 2013) avec notamment des stratégies opératoires immatures, une imprécision et une mémoire de travail faible par rapport au groupe contrôle.

1.2. Effet des niveaux socio-économiques sur les performances aux tests

Un autre volet de ce mémoire s'attachait à évaluer un potentiel retentissement du niveau socio-économique sur les performances des enfants. Pour cela nous avons comparé les différents scores obtenus par les enfants scolarisés en REP+ avec ceux obtenus par les enfants scolarisés en zone non REP avec le test *t* de Student.

Nous retrouvons une différence marginale entre les scores bruts obtenus à la matrice non verbale de la WNV selon la zone de scolarisation. Il semble en effet que les performances des enfants n'étant pas scolarisés en REP+ soient légèrement supérieures à celles des enfants scolarisés en REP+. Nous n'avons pas observé d'écart significatif, comme nous l'avions supposé au départ, entre les performances cognitives des élèves selon une scolarisation en REP+ ou non REP. Plusieurs hypothèses relatives aux caractéristiques de la population étudiée permettraient d'expliquer ces résultats. Premièrement, la taille des deux groupes est relativement restreinte avec 17 enfants scolarisés en non REP et 20 enfants de REP+, soit un total limité à 37 participants pour l'ensemble de notre échantillon. En outre, l'effectif est davantage réduit pour la passation de la matrice non verbale de la WNV, avec un participant en moins dans chaque groupe. Ainsi, le nombre d'observations étant assez limité dans chaque groupe, les résultats peuvent manquer de significativité statistique. Deuxièmement, le test *t* de Student, réalisé pour comparer les résultats moyens aux différents tests selon la zone de scolarisation, met en relief une différence significative entre les âges des enfants des deux groupes. En outre, l'analyse de corrélations (*r*) de Bravais-Pearson a révélé une relation linéaire significative entre l'âge et le score brut à la matrice non verbale de la WNV. Les scores obtenus au subtest de la WNV étant comparés à des groupes d'âges répartis par tranche de deux mois en deux mois, cela a potentiellement pu influencer les résultats. En effet, nous constatons un écart moyen de trois mois entre les enfants de REP+ et les autres enfants, les enfants les plus âgés se trouvant dans le groupe non REP. Nous pouvons tout de même observer une différence d'environ 2.5 points entre la moyenne obtenue par le groupe des enfants scolarisés en zone standard et la moyenne des enfants scolarisés en REP+, ce qui accrédite un probable effet du niveau socio-économique sur le développement cognitif mais l'effet d'âge pourrait aussi expliquer cette différence. Aussi, un effectif plus important dans chaque groupe et plus équilibré sur le plan de la variable « âge » aurait potentiellement pu révéler des différences plus significatives entre les performances cognitives non verbales des enfants REP+ et non REP, et permettre de vérifier plus spécifiquement notre hypothèse sans facteur confusionnel possible.

Les analyses menées révèlent en revanche une différence significative du niveau socio-économique sur les performances langagières des élèves, ce qui suggère que l'environnement socio-économique des élèves de CP pourrait être lié au niveau langagier. On constate que les résultats au GAPS des enfants scolarisés en non REP sont en moyenne supérieurs de plus de deux points aux résultats des enfants scolarisés en zone REP+. Ces résultats sont en accord avec la littérature puisque plusieurs études ont aussi relevé ce phénomène (ex. Duru-Bellat, 2003 ; Hache, 2017). La précarité économique, sociale et culturelle pourrait donner moins d'occasions de développement et d'enrichissement langagier. En effet, les parents confrontés à des situations complexes seraient moins disponibles aux apprentissages de l'enfant (Hache, 2017). On pourrait alors supposer que les

situations et structures langagières sont moins diversifiées que pour des familles n'ayant pas à faire face à toutes ces difficultés. Une étude de Duru-Bellat (2003) va dans ce sens et indique que les intentions langagières ne sont pas les mêmes selon les groupes socio-économiques. De fait, le langage serait davantage utilisé dans un but pratique dans les milieux les plus défavorisés, tandis qu'il y aurait plus de visées déclarative et réflexive dans les milieux aisés. Les milieux socio-économiques défavorisés n'ayant pas forcément les mêmes ressources matérielles et culturelles (Murat, 2009), les enfants seraient aussi moins stimulés, ce qui pourrait causer des écarts de performances. De plus, les parents des enfants scolarisés en REP+ utilisent plus fréquemment une autre langue que le français à la maison, voire uniquement cette langue. Le fait qu'ils ne maîtrisent pas forcément la langue utilisée à l'école pourrait engendrer plus de difficultés chez ces enfants par rapport aux autres, pour lesquels le français est systématiquement employé. Les écarts de performances observés en langage oral pourraient donc affecter l'ensemble des autres apprentissages.

Par ailleurs, dans l'hypothèse avancée à propos de l'influence du niveau socio-économique, nous avons souhaité approfondir la recherche et analyser l'effet de l'exposition aux écrans sur les performances des enfants selon la zone éducative. Nous avons en effet pu constater à travers nos lectures un effet néfaste des écrans sur le développement et les apprentissages (Brodier, 2020), ainsi qu'une tendance plus importante dans les milieux socio-économiques défavorisés (Desmurget, 2019 ; Tisseron, 2020). Nous constatons d'une part que le temps et la fréquence d'utilisation des écrans des enfants de REP+ est plus importante que pour les enfants non REP de notre échantillon. D'autre part, nos résultats tendent à montrer un effet négatif de l'exposition aux écrans vis-à-vis des mathématiques. En effet plus la fréquence et le temps d'exposition sont élevés, plus les résultats observés en mathématiques diminuent. Les tâches de comparaison de nombre arabes et d'arithmétiques semblent aussi les plus affectées par cette exposition. En accord avec les résultats présentés dans plusieurs études récentes, nous suggérons que l'exposition aux écrans pourrait affecter les habiletés cognitives des enfants. De fait, Desmurget (2019) et Tisseron (2020) avançaient l'idée que l'exposition aux écrans entravait la pratique d'autres activités plus favorables au développement quand Walsh et al. (2018) montraient que l'exposition aux écrans était associée aux performances cognitives des enfants de huit à onze ans. L'exposition aux écrans entraînerait notamment des difficultés langagières, attentionnelles et une diminution du sommeil qui nuiraient au développement cognitif global des enfants (Harlé & Desmurget, 2012). De plus, Takeuchi et al. (2015) ont montré des modifications cérébrales préfrontales relatives à la télévision et des effets négatifs sur les performances intellectuelles. Notons que cette zone cérébrale intervient également dans le langage oral et la cognition mathématique par le biais de la mémoire de travail, des fonctions exécutives, du traitement des quantités. Notons également que ces informations pourraient aussi expliquer la différence significative discutée dans le paragraphe précédent entre les scores observés en langage oral selon la zone éducative. Nous verrons par ailleurs dans la suite de la discussion que les performances cognitives semblent liées aux compétences langagières et mathématiques, indépendamment du niveau socio-économique. En outre, l'utilisation des écrans est une activité majoritairement passive, et l'on sait que la pratique d'activités plus concrètes et manipulables à la maison, telles que les jeux de société, est plus favorable à la maîtrise des compétences mathématiques notamment dans les milieux socio-économiques défavorisés (Ramani & Siegler, 2008).

1.3. Effet des performances cognitives sur la réussite aux tests langagiers et mathématiques

Au début de cette étude, nous avons émis l'hypothèse que des différences de performances cognitives pourraient être observées selon le milieu socio-économique des élèves, que ces différences de performances cognitives affecteraient potentiellement les résultats des tests langagiers et par conséquent les performances mathématiques. Comme nous l'avons vu dans la partie précédente, nous n'avons pas pu véritablement confirmer l'hypothèse cognitive dépendante de la zone éducative REP+ ou non REP avec les éléments à notre disposition. Nous avons cependant examiné les relations entre les performances cognitives globales non verbales tous groupes confondus et les résultats retrouvés aux tests langagiers et mathématiques pour évaluer si les performances cognitives étaient liées au langage oral et donc aux mathématiques. Lorsque l'on étend l'analyse de l'influence des performances cognitives globales à l'ensemble de l'échantillon, nous pouvons cette fois observer des effets sur le langage oral et sur la cognition mathématique. Cela semble en accord avec l'hypothèse évoquée plus haut concernant l'effet de taille de l'échantillon dans la significativité statistique des résultats.

L'analyse de corrélation de Bravais-Pearson a montré une corrélation positive entre le score obtenu au GAPS et celui obtenu à la matrice non verbale de la WNV. En effet, plus les scores sont élevés à la matrice non verbale, meilleurs sont les résultats au GAPS. Ces résultats suggèrent donc qu'il existe un lien entre les capacités cognitives et les habiletés langagières. Nous ne pouvons pas, à la lumière de ces seuls résultats, statuer sur le type d'influence exercé par ces variables. Cependant, une corrélation également significative a été retrouvée entre le score obtenu au TRTM-CP et à la matrice non verbale de la WNV. Ainsi les scores du TRTM-CP sont également plus élevés lorsque les scores obtenus à la WNV sont importants, ce qui évoque une relation des mathématiques avec les performances cognitives. Nous observons également que les corrélations retrouvées en langage oral et en cognition mathématique avec le score brut de la matrice non verbale de la WNV sont aussi retrouvées avec son score corrigé. Nous supposons donc que ces corrélations ne sont pas influencées par l'âge des enfants au moment de la réalisation des tests, puisqu'elles demeurent identiques suite à la correction du score en fonction de l'âge exact des élèves.

De ce fait, nous pouvons remarquer que la matrice non verbale, utilisée pour évaluer les compétences globales non verbales des élèves, est à la fois corrélée au GAPS et au TRTM-CP. Par ailleurs, nous notons aussi que la matrice non verbale de la WNV a une relation positive significative avec la sous-épreuve « répétition de phrases » du GAPS mais aussi avec la sous-épreuve « maisons » du TRTM-CP. Or nous retrouvons également une corrélation entre ces deux sous-épreuves lorsque nous discutons plus tôt des liens unissant le langage oral et la cognition mathématique. Par conséquent, comme il semble que les performances cognitives aient un lien avec les deux compétences mais que l'on retrouve aussi un effet du résultat à la matrice non verbale avec les deux sous-épreuves du GAPS et du TRTM-CP qui, elles-mêmes, s'influençaient spécifiquement et positivement, nous pourrions supposer que ce sont les performances cognitives des enfants qui affecteraient le langage oral et les mathématiques puisqu'elles sont communes à toutes. De plus, si les habiletés langagières structurent le développement du système numérique exact (ex. Dehaene, 1997 ; Nys et al., 2013 ; von Aster & Shalev, 2007), nous pourrions supposer que le développement cognitif agit d'abord sur les compétences langagières précoces puis, ces dernières étant influencées

par les capacités cognitives, affecteraient aussi les compétences en mathématiques exactes, fruit d'un apprentissage. La mise en œuvre d'études longitudinales permettrait d'apporter des éléments en faveur ou en défaveur de cette hypothèse.

2. Limites de l'étude

Certains aspects de l'étude réalisée ont pu affecter les résultats obtenus et sont donc nécessairement à prendre en compte dans leur interprétation.

2.1. Limites liées au matériel

Nous avons pu constater lors des passations plusieurs éléments inhérents aux tests qui pouvaient potentiellement interférer avec les résultats obtenus.

En effet, dans l'épreuve « répétition de phrases » du GAPS, les deux dernières phrases de l'épreuve sont plus longues et plus complexes que les premières. Ainsi cela rajoute en plus de la tâche langagière, un coût cognitif relativement important. Par ailleurs, nous avons observé que ces deux phrases étaient aussi les plus souvent échouées par les enfants. Il faut donc rester prudents quant à l'interprétation de ces données.

Dans l'épreuve « maisons » du TRTM-CP, lors de laquelle il est demandé aux enfants de trouver les compléments adéquats permettant d'obtenir un chiffre spécifique, nous avons également remarqué que la compréhension de la consigne n'était pas toujours évidente. Nous devions souvent reformuler et réexpliquer la consigne avant de commencer l'épreuve. La difficulté de compréhension de la consigne par certains élèves a ainsi pu entraîner des scores plus faibles dans cette épreuve et se répercuter sur le score total à la batterie, bien que ces enfants soient d'ordinaire plutôt compétents en mathématiques.

Enfin nous voulons rappeler que l'utilisation d'un questionnaire parental afin de recueillir des informations sur les activités pratiquées à la maison peut engendrer de nombreux biais. De fait, ce recueil est soumis à un jugement subjectif des parents vis-à-vis de leur(s) enfant(s) et il est donc possible que les informations apportées ne soient pas forcément représentatives de la réalité. Les parents, s'ils ont conscience de l'effet néfaste d'une surexposition aux écrans, ont très bien pu minimiser la fréquence et le temps d'utilisation des écrans, ou bien au contraire exagérer les informations concernant les activités plus valorisées par la société. En outre, nous n'avons pas pu contrôler que le questionnaire soit rempli entièrement et donc certaines informations manquent à l'appel. Enfin, le recueil des informations se faisant sous la forme d'échelle, il est probable que le questionnaire manque de spécificité.

2.2. Limites liées à la méthodologie

Notre échantillon total était composé de 37 individus, dont 20 enfants en REP+ et 17 enfants en milieu scolaire standard. Les conditions sanitaires liées à la pandémie de la Covid-19 ont fortement entravé la collecte des données dans les écoles. Malgré de nombreuses relances, certains établissements préféraient attendre que la situation s'améliore pour envisager les passations et n'ont donc pas souhaité nous recevoir. De fait, notre population est assez réduite, les résultats manquent de puissance statistique et donc de représentativité.

Également en lien avec les conditions sanitaires et bien que nous ayons essayé de réaliser les passations de façon rapprochée, nous n'avons pas pu réaliser toutes les passations pendant la même période. Ainsi, les tests n'ont pour la plupart pas pu être effectués avant les vacances de la Toussaint. Les enfants de REP+ ont été testés entre octobre et décembre 2020 alors que les enfants scolarisés en zone standard ont été vus plus tardivement en début d'année 2021, ce qui a potentiellement pu influencer les scores avec un effet d'apprentissage et de maturation.

Par ailleurs, du fait des différentes périodes de passation, il y avait une légère différence d'âge entre les participants et nous avons pu constater en analysant les résultats que les enfants qui n'étaient pas scolarisés en REP+ étaient plus âgés mais aussi plus performants pour l'épreuve de la matrice non verbale de la WNV que les enfants scolarisés en REP+, plus jeunes. Un biais de confusion est donc possible dans l'interprétation de nos résultats.

3. Perspectives cliniques

3.1. Implications cliniques

Nous avons investigué de façon transversale les liens entre le langage oral et la cognition mathématique au CP, en apportant un regard supplémentaire sur les différences observées entre niveaux socio-économiques. Nous avons pu mettre en évidence un lien entre le langage oral et la cognition mathématique ainsi qu'une influence des performances cognitives sur ces deux domaines. Les effets des difficultés langagières sur les habiletés mathématiques étant présents dès le CP, il semble important en tant que professionnels d'en avoir conscience et d'avoir les moyens de les repérer pour éviter des effets en cascade comme l'anxiété mathématique (Puteh, 2002). La collaboration orthophonistes-enseignants se révèle par conséquent d'autant plus nécessaire. Nous avons aussi pu constater des écarts de performances entre les niveaux socio-économiques en comparant des résultats des enfants scolarisés en zone REP+ et non REP pour le langage oral. Ainsi, la mise en place d'actions de repérage intensifiées des difficultés langagières dans les écoles REP+ pourrait être bénéfique afin de limiter l'installation de difficultés mathématiques. Nous avons également pu observer à l'aide des questionnaires parentaux que les enfants scolarisés en REP+ étaient plus fréquemment et plus durablement exposés aux écrans que les autres enfants. Cette exposition semble d'ailleurs avoir des répercussions délétères sur les performances mathématiques. Or les mathématiques sont un prédicteur important du devenir professionnel à l'âge adulte (Ritchie & Bates, 2013). Le milieu socio-économique semblant déjà influencer les trajectoires de vie des individus (Davaillon & Nauze-Fichet, 2004), il apparaît donc primordial de poursuivre les actions de repérage et de prévention afin de lutter contre les inégalités et les difficultés scolaires, et ainsi améliorer les perspectives futures de ces jeunes. Enfin, bien que des recommandations concernant l'utilisation des écrans existent déjà (HSCP, 2019), il semble aujourd'hui encore important de renforcer la sensibilisation des milieux les plus défavorisés quant aux conséquences des écrans, et leur donner des outils qui leur permettraient de développer d'autres sortes d'activités plus favorables aux apprentissages.

3.2. Pistes de recherche

Nous souhaitons initialement réaliser un suivi longitudinal des enfants qui avaient déjà été testés en grande section maternelle avec le GAPS par les précédents mémorants en zone REP+ et non REP, afin d'observer le développement de la cognition mathématiques en fonction des

compétences langagières évaluées en maternelle et en fonction du développement cognitif. La crise sanitaire et les restrictions associées ayant rendu ce projet trop difficile à accomplir, nous avons choisi d'étudier uniquement ces variables chez des enfants de CP, de façon transversale. Pour poursuivre et compléter l'étude que nous avons menée, nous pensons qu'il pourrait être intéressant de réinvestir cette approche afin d'examiner si le langage oral peut prédire les performances mathématiques avant l'entrée en classe préparatoire mais aussi si des différences sont déjà observables entre différents milieux socio-économiques. Pour cela, il faudrait rechercher les enfants ayant été testés en langage oral en maternelle en REP+ et non REP, et les réévaluer au CP en testant les mathématiques et les performances cognitives. Pour obtenir des résultats véritablement représentatifs, il serait intéressant d'effectuer les passations des tests sur une période rapprochée pour que les deux groupes d'enfants aient un âge équivalent et que l'échantillon soit d'une taille relativement importante pour que la puissance statistique soit plus significative.

Conclusion

Notre étude s'inscrit dans un projet global portant sur le repérage en langage oral, en langage écrit et en cognition mathématique d'enfants scolarisés en cycle 1 et en cycle 2. Ce projet se veut d'utilité publique, avec l'élaboration, par une autre mémorante, d'un site internet à destination des parents et des professionnels gravitant autour des enfants. Ce site regroupera des informations dans ces trois domaines mais aussi des données recueillies par le biais d'autres mémoires. La présente étude s'est attachée à examiner les relations du langage oral avec la cognition mathématique mais a aussi étudié les influences possibles du niveau socio-économique sur les différentes performances d'enfants scolarisés en CP.

Pour cela, nous avons évalué le langage oral, la cognition mathématique et les performances cognitives non verbales de 37 enfants de CP scolarisés en zone non REP et en zone REP+. Les tests de repérage du GAPS, du TRTM-CP et la matrice non verbale de la WNV ont été utilisés dans ce but. Les passations se sont déroulées entre fin septembre 2020 et janvier 2021 dans les écoles, en classe ou à proximité. Nous nous sommes aussi servis d'un questionnaire parental afin d'analyser les habitudes d'utilisation des écrans selon le niveau socio-économique et ses effets sur les résultats obtenus aux différents tests. Nous avons par la suite réalisé des analyses statistiques descriptives ainsi que des analyses de corrélations.

Les résultats obtenus suggèrent l'existence d'un lien entre les performances langagières et les performances mathématiques. Les performances cognitives semblent également se répercuter sur les scores obtenus au GAPS et au TRTM-CP. En outre, nous retrouvons des différences de performances selon la zone de scolarité, au détriment du groupe REP+. Les habiletés langagières de notre échantillon sont effectivement plus faibles pour le groupe socio-économique de REP+, et les performances mathématiques sont affectées par une plus grande et plus fréquente exposition aux écrans. Une différence de performance à la matrice non verbale de la WNV, bien que marginale, a aussi été mise en évidence entre les résultats des enfants non REP et REP+, au détriment de ces derniers. Des limites liées à la méthodologie et à l'échantillon recueilli encouragent cependant à prendre des précautions dans l'interprétation de ces résultats.

Les éléments mis en avant sont tout de même intéressants pour notre pratique orthophonique car ils permettent de constater une fois encore les effets du langage sur les mathématiques mais aussi l'impact potentiel du milieu socio-économique sur le développement et les apprentissages, de façon précoce dans la scolarité. A la lumière de cette étude, la nécessité de poursuivre des actions de repérage et de prévention dans le domaine mathématique prend tout son sens, a fortiori dans les milieux les plus précaires.

Pour approfondir les résultats avancés dans ce mémoire, il serait intéressant d'examiner de façon longitudinale les mêmes variables mais cette fois-ci en prenant en compte les performances langagières dès la maternelle. Cela pourrait en effet permettre de révéler un effet prédictif des performances langagières sur les performances mathématiques bien avant l'entrée en CP, ainsi que des différences de performances déjà existantes selon le milieu socio-économique.

Bibliographie

- Agostino, S., Montoussé, M., Deubel, P., Renouard, G. & Leverbe, J. (2012). *Dictionnaire de sciences économiques et sociales* (Anne Andraut). Bréal.
- AMELI. (2017). *Convention nationale des orthophonistes : Avenant n°16*. Repéré à <https://www.ameli.fr/lille-douai/orthophoniste/textes-reference/convention/convention>
- American Speech-Language-Hearing Association. (2010). *Roles and Responsibilities of Speech-Language Pathologists in Schools* [professional issues statement]. Repéré à <https://www.asha.org/policy/PI2010-00317/>
- Bara, F., Gentaz, É. & Colé, P. (2008). Littératie précoce et apprentissage de la lecture : Comparaison entre des enfants à risque, scolarisés en France dans des réseaux d'éducation prioritaire, et des enfants de classes régulières. *Revue des sciences de l'éducation*, 34(1), 27-45. doi: 10.7202/018988ar
- Batista, A. & Le Normand, M.-T. (2010). Etude des productions langagières d'enfants âgés de 17 à 41 mois et issus de quartiers défavorisés : Evaluation des capacités langagières des sujets selon l'âge. *HAL (archives ouvertes)*. doi: halshs-00444395
- Beitone, A. & Hemdane, E. (2019). L'origine sociale, facteur principal des inégalités scolaires. *Travail, genre et sociétés*, n° 41(1), 153. doi: 10.3917/tgs.041.0153
- Bentolila, A. (2007). *La maternelle : au front des inégalités linguistiques et sociales*. Repéré à http://sien.unsa-education.org/dossiers/systeduc/premierdegre/Rapport_Bentolila_maternelle.pdf
- Berteletti, I., Lucangeli, D., Piazza, M., Dehaene, S. & Zorzi, M. (2010). Numerical estimation in preschoolers. *Developmental Psychology*, 46(2), 545-551. doi: 10.1037/a0017887
- Bijeljac-Babic, R., Bertoncini, J. & Mehler, J. (1993). How do 4-day-old infants categorize multisyllabic utterances? *Developmental Psychology*, 29(4), 711-721. doi:10.1037/0012-1649.29.4.711
- Brannon, E. M. & Van de Walle, G. A. (2001). The Development of Ordinal Numerical Competence in Young Children. *Cognitive Psychology*, 43(1), 53-81. doi:10.1006/cogp.2001.0756
- Brodier, C. (2020). Exposition des jeunes enfants aux écrans et développement : analyse des bilans d'école maternelle et infantile du Bas-Rhin [thèse de doctorat] Université de Strasbourg.
- Caille, J.-P. & Rosenwald, F. (2006). Les inégalités de réussite à l'école élémentaire : Construction et évolution. *France : portrait social*. Repéré sur le site de l'INSEE : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1373137?sommaire=1373141>
- Carey, S. (2004). Bootstrapping & the origin of concepts. *Daedalus*, 133(1), 59-68. doi:10.1162/001152604772746701

- Cazaux-Burgues, L. (2018). *Validation de la version française du GAPS auprès d'enfants scolarisés en classe bilingue franco-corse* (mémoire d'orthophonie, Université de Lille, Lille, France). Repéré à pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/ac4746f3-5015-49dc-856d-c9e97258c774
- Chevrie-Muller, C. & Narbona, J. (2007). *Le langage de l'enfant: Aspects normaux et pathologiques*. Elsevier Masson.
- Chu, F. W., vanMarle, K., & Geary, D. C. (2015). Early numerical foundations of young children's mathematical development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 132, 205-212. doi: 10.1016/j.jecp.2015.01.006
- Church, R. M. & Meck, W. H. (1984). The numerical attribute of stimuli. In H. L. Roitblat, T. G. Bever & H. S. Terrace (Eds.), *Animal Cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 445-464.
- Constantial, L. (2018). *Validation de la version française du «GAPS»: Test de dépistage des compétences morphosyntaxiques et phonologiques chez les enfants de 3;6 à 6;6 ans*. (mémoire d'orthophonie, Université de Lille, Lille, France). Repéré à <https://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/1f4c3155-fc56-4d5a-9720-56fa6f15ddc1>
- Coquet, F. (2007). Mise en place d'un dispositif de repérage des troubles du langage à l'école maternelle. *Contraste*, 26(1), 285. doi: 10.3917/cont.026.0285
- Coquet, F. & Maetz, B. (2010). *Dépistage et Prévention Langage à 3 ans*. Ortho Édition.
- Cross, A. M., Joanisse, M. F. & Archibald, L. M. D. (2019). Mathematical Abilities in Children With Developmental Language Disorder. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 50(1), 150-163. doi: 10.1044/2018_LSHSS-18-0041
- Davaillon, A. & Nauze-Fichet, E. (2004). Les trajectoires scolaires des enfants « pauvres ». *Education & formations*, 70, 41-63. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/44834673_Les_Trajectoires_scolaires_des_enfants_pauvres
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press.
- Dehaene, S. & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1(1), 83-120.
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L. & Wilson, A. J. (2004). Arithmetic and the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(2), 218-224. doi: 10.1016/j.conb.2004.03.008

- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P. et Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3-6), 487-506. doi:10.1080/02643290244000239
- Dehaene-Lambertz, G. (2004). Bases cérébrales de l'acquisition du langage : Apport de la neuro-imagerie. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 52(7), 452-459. doi :10.1016/j.neurenf.2004.09.003
- Denni-Krichel, N. (2004). La place de l'orthophoniste dans la prise en charge multidisciplinaire. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 52(7), 471-477. doi:10.1016/j.neurenf.2004.09.008
- Desmurget, M. (2019). La fabrique du crétin digital. Editions du Seuil. Paris, France.
- Desombre, C., Carpentier, J.-J., Vincent, E., Sansen, J., Maiffret, C. & Ryckebusch, C. (2013). Identifier des Besoins éducatifs particuliers : Analyse des obstacles et propositions pour l'action. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 62(2), 197. doi :10.3917/nras.062.0197
- Donlan, C., Cowan, R., Newton, E. J. & Lloyd, D. (2007). The role of language in mathematical development : Evidence from children with specific language impairments. *Cognition*, 103(1), 23-33. doi: 10.1016/j.cognition.2006.02.007
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K. & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428-1446. doi: 10.1037/0012-1649.43.6.1428
- Duru-Bellat, M. (2009). *Accès à l'éducation : Quelles inégalités dans la France d'aujourd'hui ?* Repéré à http://www.cnle.gouv.fr/IMG/pdf/Duru_bellat_acces_education.pdf
- Duru-Bellat, M. (2003). *Inégalités sociales à l'école et politiques éducatives*. IIEP.
- INSERM. (2008). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques*. Repéré à <http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/110/Recommandations.html>
- Emerson, R. W. & Cantlon, J. F. (2012). Early math achievement and functional connectivity in the fronto-parietal network. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2, S139-S151. doi:10.1016/j.dcn.2011.11.003
- Fayol, M. (2012). *L'acquisition du nombre*. Presses universitaires de France. Repéré à <https://www-cairn-info.ressources-electroniques.univ-lille.fr/l-acquisition-du-nombre--9782130585084.htm>
- Fédération Nationale des Orthophonistes. (2019). *Livret professionnel de l'orthophoniste 2019*. Repéré à https://www.fno.fr/wp-content/uploads/2018/12/Livret_pro_FNO-adherents.pdf
- Feigenson, L., Dehaene, S. & Spelke, E. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(7), 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002

- Felouzis, G., Fouquet-Chauprade, B., Charmillot, S. et Imperiale-Arefaine, L. (2016). *Inégalités scolaires et politiques d'éducation*. Contribution au rapport du Cnesco « Les inégalités scolaires d'origines sociales et ethnoculturelle ». Paris. Cnesco.
- Fuson, K. C. (1988). *Children's counting and concepts of number*. Springer.
- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood : The development of numerical abilities. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9(S2), S11-S16. doi:10.1007/s007870070004
- Geary, D. C. & vanMarle, K. (2016). Young children's core symbolic and nonsymbolic quantitative knowledge in the prediction of later mathematics achievement. *Developmental Psychology*, 52(12), 2130-2144. doi:10.1037/dev0000214
- Gelman, R. & Gallistel, C. R. (1986). *The child's understanding of number*. Harvard University Press.
- Glover, A., McCormack, J. & Smith-Tamaray, M. (2015). Collaboration between teachers and speech and language therapists : Services for primary school children with speech, language and communication needs. *Child Language Teaching and Therapy*, 31(3), 363-382. doi:10.1177/0265659015603779
- Gordon, P. (2004). Numerical Cognition Without Words : Evidence from Amazonia. *Science*, 306(5695), 496-499. doi:10.1126/science.1094492
- Guigou, E., Lang, J., Schwartzberg, R-G., Royal, S. & Kouchner, B. (2002). *Mise en oeuvre d'un plan d'action pour les enfants atteints d'un trouble spécifique du langage oral ou écrit*, B.O. n°6 du 7-2-2002 (publication n°2002-024). Repéré à <https://www.education.gouv.fr/bo/2002/6/encart.htm>
- Habib, M., Joannette, Y. & Roch Lecours, A. (2000). Le cerveau humain et les origines du langage. *médecine/sciences* 2000, 16(2), 171-180. Repéré à <http://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/1618>
- Hache, C. (2017). Les représentations des enseignants de ZEP sur la relation école/famille à travers le prisme des élèves en grande réussite scolaire. *Education & Devenir*, 28, 38-46.
- Halberda, J. & Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the « number sense » : The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, 44(5), 1457-1465. doi:10.1037/a0012682
- Harlé, B. & Desmurget, M. (2012). Effets de l'exposition chronique aux écrans sur le développement cognitif de l'enfant. *Archives de Pédiatrie*, 19(7), 772-776. doi:10.1016/j.arcped.2012.04.003
- Hauser, M.-D., MacNeilage, P. & Ware, M. (1996). Numerical representations in primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(4), 1514-1517. doi:10.1073/pnas.93.4.1514

- Haute Autorité de Santé. (2017). *Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages?* (2017). Repéré à https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-01/synthese_troubles_dys_v4.pdf
- HCSP. (2019). Effets de l'exposition des enfants et des jeunes aux écrans. Repéré à <https://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=759>
- Hoyos Cillero, I., & Jago, R. (2010). Systematic review of correlates of screen-viewing among young children. *Preventive Medicine*, 51(1), 3-10. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2010.04.012>
- Hyde, D. C. (2011). Two Systems of Non-Symbolic Numerical Cognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5. doi:10.3389/fnhum.2011.00150
- IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Macintosh, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp
- INSERM. (2007). *Prévention et prise en charge*. Repéré à http://www.ipubli.inserm.fr/bitstream/handle/10608/110/Chapitre_21.html
- Izard, V., Sann, C., Spelke, E. S. & Streri, A. (2009). Newborn infants perceive abstract numbers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(25), 10382-10385. doi:10.1073/pnas.0812142106
- Izard, V. & Dehaene, S. (2008). Calibrating the mental number line. *Cognition*, 106(3), 1221-1247. doi:10.1016/j.cognition.2007.06.004
- Jaeggi, J.-M. (2008). *Que nous apprend l'expérience française des ZEP? Réflexions sur les zones d'éducation prioritaires à partir de notes de lecture*. Repéré à <https://edudoc.ch/record/26703/files/ZEP.pdf>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Nabors Olah, L. & Locuniak, M. N. (2006). Number Sense Growth in Kindergarten: A Longitudinal Investigation of Children at Risk for Mathematics Difficulties. *Child Development*, 77(1), 153-175. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00862.x
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(4), 516-531. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.009
- Lacroix, V., Pomerleau, A., Malcuit, G., Séguin, R. & Lamarre, G. (2001). Développement langagier et cognitif de l'enfant durant les trois premières années en relation avec la durée des vocalisations maternelles et les jouets présents dans l'environnement: Étude longitudinale auprès de populations à risque. *Canadian Journal of Behavioural Science / Revue Canadienne Des Sciences Du Comportement*, 33(2), 65-76. doi:10.1037/h0087129

- Lafay, A., Archambault, S., Macoir, J., St-Pierre, M.-C. & Vigneron, M. (2018). Deux outils pour le dépistage du trouble des apprentissages en mathématiques. Dans Gatignol, P. et Rousseau, T., *Efficacité des thérapies—Actes 2017* (p. 277-297). Ortho Édition. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/328315659_Deux_outils_pour_le_depistage_du_trouble_des_apprentissages_en_mathematiques
- Lafay, A., Saint-Pierre, M.-C., & Macoir, J. (2013). Développement des systèmes numériques non symboliques et prédicteurs de réussite mathématique. *Glossa*, 112, 1-17.
- Le Corre, M. & Carey, S. (2007). One, two, three, four, nothing more : An investigation of the conceptual sources of the verbal counting principles. *Cognition*, 105(2), 395-438. doi:10.1016/j.cognition.2006.10.005
- Leclercq, V., Viriot-Goedel, C. & Gallet, C. (2015). Les difficultés en lecture à l'école primaire : Une prise en charge précoce et sur le long terme. *Développements*, 18-19, 109-135. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/296194699_Les_difficultes_en_lecture_a_l'ecole_primaire_une_prise_en_charge_precoce_et_sur_le_long_terme
- Levelt, W. J. M. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge: The MIT Press.
- Libertus, M. E., Feigenson, L. & Halberda, J. (2013). Numerical approximation abilities correlate with and predict informal but not formal mathematics abilities. *Journal of Experimental Child Psychology*, 116(4), 829-838. doi:10.1016/j.jecp.2013.08.003
- Liénard, G. & Mangez, E. (2006). Les inégalités socio-culturelles dans les trajectoires scolaires. L'école fondamentale : Enjeu crucial. *Les Cahiers Marxistes*, 234, 9-33. Repéré à https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/object/boreal:71509/datastream/PDF_01/view
- Lipton, J. S. & Spelke, E. S. (2003). Origins of Number Sense : Large-Number Discrimination in Human Infants. *Psychological Science*, 14(5), 396-401. doi:10.1111/1467-9280.01453
- Lipton, J. S. & Spelke, E. S. (2005). Preschool Children's Mapping of Number Words to Nonsymbolic Numerosities. *Child Development*, 76(5), 978-988. doi:10.1111/j.1467-8624.2005.00891.x
- Lugo-Gil, J. & Tamis-LeMonda, C. S. (2008). Family Resources and Parenting Quality : Links to Childrens Cognitive Development Across the First 3 Years. *Child Development*, 79(4), 1065-1085. doi:10.1111/j.1467-8624.2008.01176.x
- Mangez, E., Joseph, M. & Delvaux, B. (2002). *Les familles défavorisées à l'épreuve de l'école maternelle. Collaboration, lutte, repli, distanciation*. Repéré à <http://hdl.handle.net/2078.1/71518>
- Mazzocco, M. M. M., Feigenson, L. & Halberda, J. (2011). Preschoolers' Precision of the Approximate Number System Predicts Later School Mathematics Performance. *PLoS ONE*, 6(9), e23749. doi:10.1371/journal.pone.0023749

- Mechner, F. (1958). Probability relations within response sequences under ratio reinforcement. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 1(2), 109-121. doi:10.1901/jeab.1958.1-109
- Mejias, S., Muller, C. & Schiltz, C. (2019). Assessing Mathematical School Readiness. *Frontiers in Psychology*, 10, 1173. doi:10.3389/fpsyg.2019.01173
- Mejias, S. & Schiltz, C. (2013). Estimation abilities of large numerosities in Kindergartners. *Frontiers in Psychology*, 4. doi:10.3389/fpsyg.2013.00518
- Melhuish, E. (2010). *Impact of the Home Learning Environment on Child Cognitive Development : Secondary Analysis of Data from « Growing Up in Scotland »*. Edinburgh, United Kingdom : The Scottish Government. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/258384494_Impact_of_the_Home_Learning_Environment_on_Child_Cognitive_Development_Secondary_Analysis_of_Data_from_'Growing_Up_in_Scotland'
- Miller, K. F., Smith, C. M., Zhu, J. & Zhang, H. (1995). Preschool Origins of Cross-National Differences in Mathematical Competence: The Role of Number-Naming Systems. *Psychological Science*, 6(1), 56-60. doi:10.1111/j.1467-9280.1995.tb00305.x
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019). *L'évaluation des acquis des élèves en CP : des repères pour la réussite*. Repéré à <https://www.education.gouv.fr/l-evaluation-des-acquis-des-eleves-en-cp-des-reperes-pour-la-reussite-5318>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2014). *Refonder l'éducation prioritaire : Un référentiel pour l'éducation prioritaire*. Repéré à https://www.reseau-canope.fr/education-prioritaire/fileadmin/user_upload/user_upload/accueil/Referentiel_de_l_education_prioritaire.pdf
- Moeller, K., Willmes, K. & Klein, E. (2015). A review on functional and structural brain connectivity in numerical cognition. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9. doi:10.3389/fnhum.2015.00227
- Mougel, M. (2009). *Partenariat entre enseignants du primaire et orthophonistes libéraux : Quelle collaboration autour des troubles du langage ? Etat des lieux, difficultés rencontrées et demandes* (mémoire d'orthophonie, Université de Lorraine, Nancy, France). Repéré à http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCDMED_MORT_2009_MOUGEL_MARINE.pdf
- Murat, F. (2009). Le retard scolaire en fonction du milieu parental : L'influence des compétences des parents. *Economie et statistique*, 424(1), 103-124. doi :10.3406/estat.2009.8033
- Mussolin, C., Nys, J., Leybaert, J. & Content, A. (2012). Relationships between approximate number system acuity and early symbolic number abilities. *Trends in Neuroscience and Education*, 1(1), 21-31. doi:10.1016/j.tine.2012.09.003

- Nys, J., Content, A. & Leybaert, J. (2013). Impact of Language Abilities on Exact and Approximate Number Skills Development : Evidence From Children With Specific Language Impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56(3), 956-970. doi:10.1044/1092-4388(2012/10-0229)
- Oberti, M. (2005). Différenciation sociale et scolaire du territoire : Inégalités et configurations locales. *Sociétés contemporaines*, 59-60(3-4), 13-42. doi :10.3917/soco.059.0013
- Pagani, L., Fitzpatrick, C., Barnett, T. & Dubow, E. (2010). Prospective Associations Between Early Childhood Television Exposure and Academic, Psychosocial, and Physical Wellbeing by Middle Childhood. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 164(5), 425-31.
- Peng, P., Lin, X., Ünal, Z. E., Lee, K., Namkung, J., Chow, J. & Sales, A. (2020). Examining the mutual relations between language and mathematics : A meta-analysis. *Psychological Bulletin*. doi:10.1037/bul0000231
- Pica, P. (2004). Exact and Approximate Arithmetic in an Amazonian Indigene Group. *Science*, 306(5695), 499-503. doi:10.1126/science.1102085
- Poulain, T., Vogel, M., Neef, M., Abicht, F., Hilbert, A., Genuneit, J., Körner, A., & Kiess, W. (2018). Reciprocal Associations between Electronic Media Use and Behavioral Difficulties in Preschoolers. *International journal of environmental research and public health*, 15(4), 814. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040814>
- Praet, M., Titeca, D., Ceulemans, A., & Desoete, A. (2013). Language in the prediction of arithmetics in kindergarten and grade 1. *Learning and Individual Differences*, 27, 90-96. doi:10.1016/j.lindif.2013.07.003
- Purpura, D. J., Hume, L. E., Sims, D. M. & Lonigan, C. J. (2011). Early literacy and early numeracy : The value of including early literacy skills in the prediction of numeracy development. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110(4), 647-658. doi:10.1016/j.jecp.2011.07.004
- Puteh, M. (2002). Qualitative research approach towards factors associated with mathematics anxiety. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/237715423_Qualitative_research_approach_towards_factors_associated_with_mathematics_anxiety
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low income children's numerical knowledge through playing number board games. *Child Development*, 79(2), 375-394.
- Ribeiro, A. (2016). *Étalonnage de la version française du « GAPS », test de dépistage des Troubles du Langage Oral* (mémoire d'orthophonie, Université de Lille, Lille, France). Repéré à <https://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/ffd70366-bd0e-4153-abe0-f4d5cb3564c4>

- Ritchie, S. J. & Bates, T. C. (2013). Enduring Links From Childhood Mathematics and Reading Achievement to Adult Socioeconomic Status. *Psychological Science*, 24(7), 1301-1308. doi:10.1177/0956797612466268
- Rocher, T. (2015). *Comment l'école amplifie les inégalités sociales et migratoires ? Évolution des inégalités sociales des compétences : Une synthèse*. Repéré sur le site du Cnesco http://www.cnesco.fr/wp-content/uploads/2016/09/160927Dossier_synthese_inegalites.pdf
- Savary, A. (1981). Zones prioritaires et programmes d'éducation prioritaire (Circulaire n°81-536). Repéré à https://www.reseau-canope.fr/education-prioritaire/fileadmin/user_upload/user_upload/comprendre/reperes_historiques/81-536.pdf
- Siegler, R. S. & Booth, J. L. (2004). Development of Numerical Estimation in Young Children. *Child Development*, 75(2), 428-444. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00684.x
- SNIUPP. (2019). *L'éducation prioritaire*. Repéré à <https://www.snuipp.fr/metier/ecole/leducation-prioritaire>
- Spaepen, E., Coppola, M., Spelke, E. S., Carey, S. E. & Goldin-Meadow, S. (2011). Number without a language model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(8), 3163-3168. doi:10.1073/pnas.1015975108
- Starkey, P. & Cooper, R. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210(4473), 1033-1035. doi:10.1126/science.7434014
- Stipek, D. & Hakuta, K. (2006). Policies to ensure that no child starts from behind. Dans *Child Development and Social Policy : Knowledge for Action : Essays in honor of Edward Zigler* (pp. 129-145). Washington DC: American Psychological Association Press.
- Suchaut, B. (2009). L'école maternelle : Quels effets sur la scolarité des élèves ? Dans Passerieux, C. *La maternelle : Première école, premiers apprentissages*. (p. 17-27). Chronique sociale.
- Takeuchi, H., Taki, Y., Hashizume, H., Asano, K., Asano, M., Sassa, Y., Yokota, S., Kotozaki, Y., Nouchi, R., & Kawashima, R. (2015). The impact of television viewing on brain structures: cross-sectional and longitudinal analyses. *Cerebral cortex* (New York, N.Y. : 1991), 25(5), 1188–1197. <https://doi-org.ressources-electroniques.univ-lille.fr/10.1093/cercor/bht315>
- Terriot, K. (2014). Nonverbal Scale of Ability (WNV). *ANAE - Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'Enfant*, 26(130), 319-323. Repéré à https://www.researchgate.net/publication/287002427_Nonverbal_Scale_of_Ability_WNV
- Tisseron, S. (2020). Synthèse : les effets de l'utilisation des écrans sur la santé des enfants. *Year Book Santé et environnement*, 143-146.
- Toll, S. W. M., Van Viersen, S., Kroesbergen, E. H. & Van Luit, J. E. H. (2015). The development of (non-)symbolic comparison skills throughout kindergarten and their relations with basic mathematical skills. *Learning and Individual Differences*, 38, 10-17. doi:10.1016/j.lindif.2014.12.006

- Vallée, L. & Dellatolas, G. (2005). *Recommandations sur les outils de Repérage, Dépistage et Diagnostic pour les Enfants atteints d'un Trouble Spécifique du Langage* (Ministères de la Santé et des Solidarités). Repéré à https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/06.reco_outils_rep-2.pdf
- Van Der Lely, H. K. J., Payne, E. & McClelland, A. (2011). An Investigation to Validate the Grammar and Phonology Screening (GAPS) Test to Identify Children with Specific Language Impairment. *PLoS ONE*, 6(7), e22432. doi:10.1371/journal.pone.0022432
- von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49(11), 868-873. doi:10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x
- von Aster, M. (2000). Developmental cognitive neuropsychology of number processing and calculation: Varieties of developmental dyscalculia. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9(S2), S41-S57. <https://doi.org/10.1007/s007870070008>
- Wechsler, D. et Naglieri, J. A. (2009). *WNV : échelle non verbale d'intelligence*. Paris : ECPA.
- Walsh, J. J., Barnes, J. D., Cameron, J. D., Chaput, J. P., Goldfield, G. S., Gunnell, K. E., Ledoux, A., Tremblay, M. S. & Zemek, R. L. (2018). Association between 24 hours movement behaviours and global cognition in US sectional observational study. *Lancet Child Adolescent Health*, 2. doi : 10.1016/s2352-4642(18)30278-5
- Willmes, K. (2018). Discussion: Specific contributions of language functions to numerical cognition. Dans A. Henik, A. et W. Fias, W. (Eds.), *Heterogeneity of function in numerical cognition* (p. 75–89). Elsevier.
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of the number words and the counting system. *Cognitive Psychology*, 24(2), 220-251. doi:10.1016/0010-0285(92)90008-P
- Wynn, K. (1996). Infants' Individuation and Enumeration of Actions. *Psychological Science*, 7(3), 164-169. doi:10.1111/j.1467-9280.1996.tb00350.x
- Xu, F. & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74(1), B1-B11. doi:10.1016/S0010-0277(99)00066-9
- Zhang, J., Fan, X., Cheung, S. K., Meng, Y., Cai, Z. & Hu, B. Y. (2017). The role of early language abilities on math skills among Chinese children. *PLOS ONE*, 12(7), e0181074. doi:10.1371/journal.pone.0181074

Liste des annexes

Annexe n°1 : Extrait du questionnaire parental utilisé

Annexe n°2 : Extrait du protocole du GAPS

Annexe n°3 : Extrait du protocole du TRTM-CP