
Exploration des liens entre la prématurité et les apprentissages numériques et arithmétique chez des enfants âgés de 0 à 12 ans : Revue de littérature systématique

Auteur : Debuys, Alexandre

Promoteur(s) : Rousselle, Laurence

Faculté : Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Éducation

Diplôme : Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée en psychologie clinique

Année académique : 2020-2021

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/13482>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



LIÈGE université

**Psychologie, Logopédie
& Sciences de l'Éducation**

Exploration des liens entre la
prématurité et les apprentissages
numériques et arithmétique chez des
enfants âgés de 0 à 12 ans : Revue de
littérature systématique

Promoteur : Laurence Rousselle

Superviseur : Line Vossius

Lectrices : Durieux Nancy & Desmottes Lise

Mémoire présenté par Alexandre Debuys
en vue de l'obtention du grade de Master en sciences psychologiques

Année académique 2020-2021

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier Madame Laurence Rousselle qui m'a permis de travailler sur ce sujet et de réaliser ce mémoire qui s'est relevé être très intéressant.

Je tiens aussi à remercier tout particulièrement Line Vossius qui m'a supervisé pendant ces deux années de recherche. Merci pour tous ces conseils pertinents, cette présence infaillible et tout ce soutien apporté durant ces deux années marquées par des conditions inhabituelles.

Je remercie Steve Lejeune pour les multiples relectures de ce mémoire ainsi que pour tes précieux conseils qui m'ont permis d'améliorer ma rédaction.

Je tiens à remercier mes deux lectrices, Madame Nancy Durieux et Madame Lise Desmottes pour le temps et l'intérêt accordés à la lecture de ce mémoire.

Enfin, je remercie mes parents et mon frère pour tout le soutien, l'aide et les conseils apportés durant la réalisation de ce mémoire ainsi que durant l'ensemble de mes études. Je remercie aussi ma copine pour son soutien, ses encouragements et toute son aide pendant ces bons et mauvais moments. Merci à toutes ces personnes d'avoir cru en moi, sans eux ce travail n'aurait pas été possible.

Table des matières

REMERCIEMENTS.....	
TABLE DES MATIERES	
PARTIE 1 : INTRODUCTION	7
1. INTRODUCTION GÉNÉRALE	7
2. MISE EN CONTEXTE THÉORIQUE	8
2.1 <i>Développement mathématique</i>	9
2.1.1 Introduction.....	9
2.1.2 Chaîne numérique verbale	9
2.1.3 Dénombrement	11
2.1.4 Cardinalité	13
2.1.5 Arithmétique	15
2.2 <i>La prématurité</i>	16
2.2.1 Définition	16
2.2.2 Prévalence et statistiques.....	17
2.2.3 Difficultés générales	18
2.2.4 Difficultés et conséquences motrices	19
2.2.5 Difficultés spécifiques ou consécutives.....	20
PARTIE 2 : MÉTHODOLOGIE	21
1. DÉFINITION DE NOTRE QUESTION DE RECHERCHE	21
2. CRITÈRES D'INCLUSIONS ET D'EXCLUSIONS.....	22
3. BASES DE DONNÉES	24
4. STRATÉGIE DE RECHERCHE.....	24
5. PROCESSUS DE SÉLECTION	26
6. PROCESSUS DE COLLECTE DES DONNÉES ET DATA ITEMS	27
7. ÉVALUATION DES RISQUES DE BIAIS DES ÉTUDES.....	28
PARTIE 3 : RÉSULTATS	30
1. SÉLECTION DES ÉTUDES	30
2. CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES.....	33
2.1 <i>Caractéristiques de la population (P)</i>	34
2.2 <i>Comparaison des deux groupes (C)</i>	38
3. RISQUE DE BIAIS DANS LES ÉTUDES	41
4. RÉSULTATS DE CHAQUE ÉTUDE	42
4.1 <i>Études montrant un effet significatif de la prématurité</i>	43
4.2 <i>Études ne montrant pas un effet significatif de la prématurité</i>	50
5. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	52
PARTIE 4 : DISCUSSION.....	54
1. RÉSUMÉ DES DIFFÉRENTES ÉTAPES	54
2. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	55
2.1 <i>Conséquences de la prématurité sur la litanie</i>	55
2.2 <i>Conséquences de la prématurité sur le dénombrement</i>	56
2.3 <i>Conséquences possibles de la prématurité sur la cardinalité</i>	57

2.4	<i>Conséquences de la prématurité sur l'arithmétique</i>	58
2.5	<i>Autres conséquences de la prématurité chez ces enfants</i>	60
2.6	<i>Conclusion de l'analyse</i>	62
3.	LIMITES DE CE MÉMOIRE	63
4.	FUTUR ET PERSPECTIVES DE CES RECHERCHES	65
5.	QUELLES SOLUTIONS POUR LES ENFANTS PRÉMATURÉS ?	66
6.	CONCLUSION	68
BIBLIOGRAPHIE		69
ANNEXES		80
	ANNEXE N°1 – STRATÉGIE DE RECHERCHE SUR LA BASE DE DONNÉES PSYCINFO	80
	ANNEXE N°2 – STRATÉGIE DE RECHERCHE SUR LA BASE DE DONNÉES ERIC	82
	ANNEXE N°3 – TABLEAU D'EXTRACTION DES CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION - COMPLÉMENT	84
	ANNEXE N°4 – TABLEAU 3 : TABLEAU D'EXTRACTION DES RÉSULTATS ET DE LA QUALITÉ	86
RÉSUMÉ		

Listes des figures et tableaux

Figure 1 : Diagramme de flux des différentes étapes de sélection des références.....	30
Tableau 1 : Tableau d'extraction des caractéristiques de la population	37
Tableau 2 : Tableau d'extraction des compétences numériques et mathématiques et des tâches utilisées dans les études.....	39

Partie 1 : Introduction

1. Introduction générale

Selon l’OMS¹ (2018), il y aurait plus de 15 millions de naissances d’enfants prématurés par an. Dans toute l’Histoire, nous n’avons jamais eu une population de prématurés aussi élevée. Cette thématique est par conséquent au cœur des recherches en médecine et en sciences sociales.

Une des branches de cette thématique concerne l’enseignement. En effet, en première primaire, nous savons qu’une multitude d’enfants n’ont pas le même niveau en arrivant et qu’il y a par conséquent une grande disparité entre chaque élève. Face à cela, il y a un enseignement qui est le même pour tout le monde, quel que soit le profil ou les difficultés des élèves. Dans ce contexte se trouvent les enfants prématurés qui y sont mélangés avec les autres enfants bien que leurs capacités ne soient pas les mêmes. Et même dans certains cas, leurs capacités peuvent justifier le besoin d’un cadre spécialisé.

Avec cette constatation générale sur l’enseignement, nous pouvons ajouter les deux principes essentiels du développement du nombre et des mathématiques qui sont : les enfants naissent avec des capacités innées pour les nombres (Wynn, 1992), et que ces capacités se perfectionnent tout au long de leur enfance (Gelman et Gallistel, 1978). C’est donc à partir de ces deux principes que nous pouvons commencer à émettre des hypothèses et des questions vis-à-vis du contexte particulier des enfants prématurés et de leur développement futur de l’arithmétique.

La littérature concernant l’apprentissage et le perfectionnement du nombre chez l’enfant et les statistiques de la prématurité étant en essor depuis quelques années, nous sommes venus à la conclusion qu’il était pertinent d’étudier cette population cible dans la littérature, dans le but de faire une synthèse des connaissances et des parts d’ombres qui planent sur cette population.

C’est donc dans cette optique que ce travail va aborder les thématiques concernant les premières capacités numériques chez les nouveau-nés « tout-venant » jusqu’à l’arithmétique à l’âge scolaire (5 – 6 ans), afin de comprendre dans un premier temps, le développement typique des nombres chez les enfants. Et ensuite, aborder la prématurité avec ses enjeux et ses

¹ Organisation mondiale de la santé

conséquences, pour dans un deuxième temps, comprendre le développement atypique de cette population.

En résumé, nous allons lier deux thématiques afin de réaliser une synthèse de la littérature concernant : les enfants prématurés et le développement des nombres. La liaison de ces deux thématiques nous permettra de faire émerger notre question de recherche qui est : **quel est le profil d'apprentissage numérique et arithmétique (chaîne numérique verbale, dénombrement, cardinalité et opérations arithmétiques) des enfants nés prématurément âgés de 0 à 12 ans en comparaison aux enfants nés à terme ?**

Pour répondre à cette question, nous commencerons en définissant les concepts étudiés dans ce mémoire de manière générale. Cette introduction théorique est essentielle afin de comprendre toute la suite de ce travail. Le développement mathématique ainsi que la prématurité seront définis et explorés dans cette première partie.

Ensuite, nous expliquerons la méthodologie (descripteurs, critères d'exclusions et d'inclusions) utilisée dans ce travail avant de rentrer dans les détails de la sélection des différentes références pertinentes. Ces dernières seront ensuite analysées à l'aide d'un tableau d'extraction avant d'être synthétisées. Finalement, une discussion sera ouverte sur ce sujet. Elle permettra d'apporter des hypothèses ainsi que d'ouvrir le débat sur notre question de recherche.

2. Mise en contexte théorique

Dans cette partie, le contexte et les bases théoriques des deux thèmes de la question de recherche seront abordés. Dans un premier temps, le développement mathématique avec les diverses étapes nécessaires à acquérir pour tous les enfants (des premières bases numériques jusqu'à l'arithmétique) sera abordé. Et dans un second temps, la prématurité sera expliquée en la définissant et en exposant ensuite les difficultés générales et spécifiques présentées par cette population.

2.1 Développement mathématique

2.1.1 Introduction

Depuis plusieurs années, les chercheurs avec le paradigme d'habituation² ont montré que les bébés pouvaient comparer des nombres, des numérosités (i.e. des quantités d'éléments) ainsi que réaliser des petites opérations arithmétiques basiques (Strauss & Curtis, 1981 et Wynn, 1992).

Ces études prônent donc des connaissances et capacités innées chez les jeunes enfants. Cependant, dans la petite enfance, l'enfant ne s'exprime pas, car il n'a pas encore de connaissances langagières et qu'il est face à des représentations non symboliques (e.g., 2 est représenté par deux objets d'une collection et non par le mot-nombre 2) et non formelles. Tout cela ne permet pas à l'enfant de raisonner et d'être précis. L'entrée dans les représentations symboliques marque le début de l'apprentissage explicite chez l'enfant. Plus précisément, c'est la chaîne numérique verbale qui va marquer en premier ce dernier.

2.1.2 Chaîne numérique verbale

Selon Fayol (1990), « la mise en œuvre du comptage nécessite le recours à une énumération verbale ». C'est-à-dire que l'enfant doit être confronté à ces mots-nombres, il doit les apprendre dans l'ordre afin de développer ce que l'on nomme « La chaîne numérique verbale ».

C'est à partir de 2 ans, et jusqu'à l'âge de 8 ans que les enfants commencent à développer leurs compétences langagières et à réciter la chaîne numérique verbale telle que « un, deux, trois ... ». Les enfants apprennent les mots-nombres de manière incidente dans un premier temps en fonction des contextes de vie (Wynn, 1990). Dans un second temps, quand ils rentrent en maternelle (vers 2-3 ans), ils vont être amenés à apprendre et maîtriser des suites de mots qui ont un ordre précis (les jours de la semaine, l'alphabet, les saisons...). Ces apprentissages de suites de mots précis vont permettre à l'enfant d'entrer dans des activités d'énumération des

² Les enfants étaient confrontés à un même nombre d'objets à plusieurs reprises. Au fur et à mesure, leur temps de fixation sur ces collections d'objets diminuait. Lorsqu'une collection avec un nombre d'objets différent était introduite, les expérimentateurs considéraient que l'enfant avait remarqué ce changement de nombre si le temps de fixation devenait plus long.

mots-nombres dans un ordre précis. À partir de cela, l'apprentissage de la chaîne numérique verbale constituée de mots nombres peut débiter.

L'apprentissage de la chaîne numérique verbale passe par deux phases en chevauchement partiel : une première phase dite d'acquisition et une deuxième phase dite d'élaboration.

Dans la phase d'acquisition de la chaîne numérique verbale, l'enfant se familiarise avec cette dernière. Il apprend à l'énoncer couramment. Cette chaîne sera répétée comme une suite des noms de nombre apprise comme une série d'étiquettes, comme un tout indissociable. Selon Fuson, Richards et Brias (1982), ce tout indissociable peut se décomposer en trois parties quasiment toujours présentes : une partie stable et conventionnelle, une partie stable mais non conventionnelle et une partie ni stable ni conventionnelle :

- La partie stable et conventionnelle correspond à la partie de la suite récitée correctement par l'enfant à chaque récitation (souvent 1 – 2 – 3 – 4). Son extension est progressive et sa taille augmente de manière assez importante en fonction de l'âge et de la classe sociale.
- La partie stable mais non conventionnelle correspond à la partie de la récitation qui est incorrecte mais que l'enfant répète à plusieurs reprises. Elle contient surtout les nombres particuliers (entre 10 et 19) qui sont des nombres extrêmement difficiles à apprendre pour les enfants, en partie à cause du caractère illogique de ces nombres (88 % d'omission pour des enfants âgés de 3 à 5 ans (Fuson, 1988)). Cette difficulté peut être expliquée par le fait que les enfants qui arrivent au bout de la chaîne qu'ils connaissent sont obligés d'inventer la suite de la chaîne, car les règles qui s'appliquent entre 10 et 19 ne sont pas encore connues.
- La partie non stable et non conventionnelle correspond à un défaut de mémorisation de l'enfant. C'est-à-dire que quand l'enfant arrive en bout de chaîne, il peut ne pas s'arrêter de compter et donc il produit des suites non conventionnelles incorrectes et instables (qui change à chaque récitation).

Il est important de souligner qu'au fil du temps, l'enfant renforcera la partie stable et conventionnelle de la chaîne numérique verbale au détriment des deux autres parties.

En même temps, selon la phase d'élaboration, la chaîne numérique verbale va s'élaborer suivant quatre niveaux qui ont été décrits par Fuson, Richard et Brians (1982).

Le premier niveau (avant 4 ans) est appelé « Chapelet » : les noms de nombre ne sont pas individualisés, ils n'ont un sens que dans la suite. Chaque mot est indissociable de son

prédécesseur. Par conséquent, la chaîne ne peut être récitée qu'à partir de son début et dans son intégralité.

Le deuxième niveau (vers 4 ans) est appelé « Chaîne insécable » : les noms de nombre sont individualisés mais restent insécables. Ils sont donc capables de répondre à la question « Combien de... ? » et de compter jusqu'à un certain nombre.

Le troisième niveau (vers 6 ans) est appelé « Chaîne sécable » : il y a une émergence des relations entre les mots-nombres. Les enfants sont donc aptes à compter à partir de n'importe quel nombre dans la liste connue. Le début du comptage à rebours peut s'observer mais avec des efforts importants.

Le quatrième et dernier niveau (entre 6 et 7 ans) est appelé « Chaîne terminale » : la relation entre les mots-nombres est totalement maîtrisée. Les enfants sont donc capables, contrairement au niveau de la chaîne sécable, de compter à rebours sans effort importants. Ils peuvent commencer n'importe où dans la liste et terminer n'importe où également.

En avançant dans le dernier niveau de l'élaboration, les enfants gèrent parfaitement la chaîne numérique verbale ainsi que les mots-nombres et leurs relations avec la quantité.

Sur base de l'acquisition de la chaîne numérique verbale, l'enfant va pouvoir articuler sa chaîne avec des objets qu'il essayera de compter ou bien utiliser celle-ci dans des activités de dénombrement comme le point suivant le montrera.

2.1.3 Dénombrement

Nous avons pu constater que l'acquisition de la chaîne numérique verbale était importante afin d'étendre la compréhension des mots-nombres chez l'enfant. En effet, à partir du deuxième niveau (Chaîne insécable), les enfants sont capables de dénombrer des ensembles grâce à cette compréhension étendue des mots-nombres. Mais qu'est-ce que le dénombrement et quels sont les mécanismes qui régissent l'acquisition de ce dernier ?

Pour commencer, le dénombrement est considéré comme le fait de définir avec précision, le nombre d'éléments d'un ensemble.

Ensuite, cette procédure est sous-tendue par les cinq principes fondamentaux développés par Gelman et Gallistel (1978). Selon eux, les enfants naissent avec cinq grands principes qui régissent le comptage :

Pour commencer, il y a le principe de « correspondance terme à terme » qui dit que chaque unité correspond à un seul mot-nombre (e.g. l'enfant n'étiquètera qu'un seul élément de la collection dénombrée par le mot-nombre « un »).

Le principe d'« ordre stable » qui dit que les mots-nombres doivent toujours être dans le même ordre lors du comptage. C'est-à-dire selon l'ordre de la chaîne numérique verbale apprise (e.g. trois est toujours après deux qui lui est après un).

Le principe « de cardinalité » qui stipule que le dernier mot-nombre prononcé représente l'ensemble total. Ce point sera abordé plus précisément dans le chapitre suivant (e.g. quand quelqu'un compte, le dernier nombre qu'il prononce est égal à la quantité de l'ensemble qu'il compte).

Ensuite, il y a le principe de « la non pertinence de l'ordre » qui dit que l'ordre de citation des éléments n'affecte pas le résultat, l'enfant peut donc compter la collection à partir de l'élément de la collection qu'il veut, le résultat final restera inchangé (e.g. quand une personne va compter un ensemble de stylos, elle peut commencer par n'importe quel stylo, le résultat sera toujours le même).

Et puis le principe « d'abstraction », qui stipule que les éléments n'ont pas de caractéristiques propres, et peuvent donc être comptés et rassemblés (e.g. il est possible de compter des choses ensemble qui ne se ressemblent pas comme des poires et des pommes)

Ils avancent donc que les enfants, pour compter, doivent utiliser ces cinq principes de façon coordonnée. Toutes fautes commises par les enfants sont la résultante de ce qu'il nomme « Surcharge », car ils sont encore trop jeunes et inexpérimentés. Par conséquent, la compréhension de ces différents principes évolue en fonction de l'évolution de l'enfant et de ses expérimentations.

Malgré le fait que Gelman et Gallistel (1978) considèrent cela comme inné, l'enfant va prendre du temps avant de les utiliser. C'est vers 3 à 4 ans, que les enfants pourront progressivement appliquer les cinq principes afin de dénombrer des ensembles correctement, avec la nuance citée précédemment que l'enfant n'a pas intégralement accès à la cardinalité de l'ensemble (Wynn, 1992). Selon Sarnecka & Carey (2008), la signification cardinale du mot-

nombre émerge lentement et indépendamment de la compréhension du dénombrement. Nous pouvons donc conclure que le dénombrement et la cardinalité sont deux choses distinctes. Par conséquent, il est essentiel de définir et d'expliquer ce qu'est la cardinalité et comment elle est acquise dans le point suivant.

2.1.4 Cardinalité

Le principe de cardinalité se définit comme la compréhension du fait que le dernier mot-nombre utilisé pendant le comptage donne le nombre d'items dans cet ensemble (Greeno, Riley, and Gelman., 1984). Cependant, il est important de souligner le fait que savoir dénombrer n'est pas égal à maîtriser la cardinalité (Wynn, 1990).

Le meilleur moyen et le plus connu pour mesurer la connaissance et l'acquisition de la cardinalité est la tâche « Give-N task ». Dans celle-ci, on demande à l'enfant de créer un ensemble avec un nombre particulier d'items, par exemple, le chercheur peut demander à un enfant de donner x objets à une poupée ou à lui-même. Les études qui utilisent cette tâche du « Give-N task » ont montré que les enfants sont souvent incapables de créer un ensemble d'objets avec une quantité qui correspond aux mots-nombres qu'ils connaissent (Wynn, 1990). Par exemple, un enfant qui sait compter jusqu'à 5 ne pourra pas donner un ensemble de 5 objets, ils n'ont pas encore la notion de quantité acquise. Ceci est expliqué par le fait que l'enfant comprend que l'adulte attend quelque chose de lui et donc par imitation ou par l'attente de l'adulte dans la situation, il comprend qu'il doit faire quelque chose sans pour autant comprendre la notion de cardinalité.

La tâche « Give-N task » a permis aux chercheurs de comprendre comment les numéros étaient appris par les enfants et qu'ils passaient par des stades/niveaux prédéfini que l'on nomme « ... knower ».

Le tout premier niveau dans lequel l'enfant se situe se nomme « Pre-numeral knower ». Ce stade correspond au fait que l'enfant ne fait aucune distinction dans le sens des différents nombres. C'est-à-dire que quand le chercheur va demander à l'enfant de donner X objets, l'enfant par moment en donnera un, ou tout un ensemble. La quantité qu'il donnera ne correspondra jamais à celle demandée. Nous avons ensuite le « One knower » qui s'acquiert vers 2-3 ans, correspondant au fait que lorsque le chercheur va demander à l'enfant un seul objet, l'enfant sera capable de lui donner un seul objet. Cependant, si on lui demande une

quantité d'objets autres que un, l'enfant donnera deux ou plus. Le niveau « Two knower » est acquis quelques mois après le « One knower ». Ce stade fonctionne comme son homologue « One knower », l'enfant est donc capable de donner deux objets si on lui en demande deux mais est toujours incapable de donner le bon nombre si l'on demande une quantité différente de un ou deux. Ensuite, unanimement observé dans les études, il y a le stade « Three knower » qui fonctionne encore une fois comme les « One et two knower ». L'enfant est donc capable de donner trois objets si on lui demande mais est toujours incapable de donner une numérosité plus grande que trois. Pour le stade suivant, certains chercheurs le nomment « Four knower », tandis que d'autres n'en parlent pas précisément. Depuis Le Corre & Carey (2007), les chercheurs ont convenu d'appeler les stades un, deux, trois et quatre, les « Subset knowers ». Ce stade est nommé ainsi car les enfants ont mémorisé la chaîne numérique verbale jusqu'à dix ou plus, cependant ils ne connaissent le sens que d'une petite partie de ces numéros (« subset »). Et finalement après quelque temps, souvent plus d'un an dans le stade de « Subset knowers », les capacités de l'enfant changent drastiquement et devenant soudainement capable de trouver la bonne cardinalité pour les numéros cinq et supérieurs. Il est important de souligner que l'enfant progresse dans les premiers stades (one knower jusqu'à subset knower) de manière graduelle, mais que pour acquérir la cardinalité du nombre cinq jusqu'au plus grand numéro dont l'enfant est capable de compter, cela se fait en un coup. Ce stade où les enfants sont capables de reconnaître la cardinalité du numéro cinq jusqu'à ses connaissances maximales est appelé « Cardinal principle knowers ». C'est-à-dire que les enfants ont acquis la cardinalité.

Wynn (1990) va encore plus loin en disant que les enfants « Subset knower » et « cardinal principle knower » n'agissent pas de la même manière face à la tâche de « Give-N ». Pour elle, les « Subset knower » n'utilisent pas le comptage tandis que les « Cardinal principle knower » l'utilisent pour résoudre cette tâche. Par conséquent, elle en conclut que la différence qui sépare ces deux stades n'est pas uniquement la taille de l'ensemble qui peut être gérée mais aussi le fait que les « Cardinal principle knower » comprennent que le comptage peut aider dans la résolution de problèmes tandis que les autres, non.

Grâce à l'acquisition de la cardinalité et des apprentissages précédents, l'enfant va pouvoir commencer son apprentissage de l'arithmétique.

2.1.5 Arithmétique

L'apprentissage de la chaîne numérique verbale, du dénombrement ainsi que de la cardinalité sont des prémices essentielles à l'apprentissage de l'arithmétique (Butterworth, 2005). Nous savons maintenant que l'acquisition de la chaîne numérique verbale permet à l'enfant d'acquérir le dénombrement et ensuite la cardinalité. Il est donc essentiel de parler de l'importance de l'acquisition de ces bases et plus précisément la dernière, la cardinalité, afin de développer des compétences en arithmétique et de comprendre le lien entre elle et la compréhension de la direction et de la succession qui sous-tendent directement le début de l'arithmétique chez l'enfant. Ces deux principes prennent du temps à être acquis et maîtrisés (Sarnecka & Carey, 2008).

La compréhension de la direction est le concept qui va permettre à l'enfant de comprendre les déplacements au sein de la chaîne numérique verbale. Cela va donner la possibilité à l'enfant de comprendre le principe de « bond » au sein de la chaîne numérique verbale. C'est-à-dire que l'enfant va comprendre que si on retire un élément ou plusieurs, il y aura un bond en arrière sur sa chaîne numérique verbale. Tandis que si l'on ajoute un élément ou plusieurs, le bond se fera vers l'avant. Nous pouvons considérer cela comme des petits principes d'addition et de soustraction.

La maîtrise de la fonction de succession va apporter la notion de quantité (la cardinalité) à la compréhension de la direction. C'est-à-dire que si on retire ou ajoute un seul élément, l'enfant comprendra qu'il y a un déplacement d'une unité vers l'arrière ou vers l'avant. Ces deux principes permettront donc à l'enfant de lier la chaîne numérique verbale et la cardinalité pour les utiliser de manière à réaliser ses premiers calculs de soustraction et d'addition entre les quantités (Roesch & Moeller, 2015).

L'acquisition de ces processus permettra à l'enfant de réaliser des opérations avec les nombres. Il pourra donc commencer à résoudre des additions ou des soustractions avec des petits nombres.

En résumé, l'enfant ne peut pas développer de compétence en arithmétique sans la chaîne numérique verbale, le dénombrement ou encore la cardinalité. Avec ces différentes bases acquises, l'enfant sera capable de progresser dans les niveaux « supérieurs » de l'arithmétique.

À la suite de cette partie sur le développement typique des mathématiques, nous savons maintenant comment tous les enfants sans difficulté apprennent les prémices des

mathématiques jusqu'à l'entrée dans l'arithmétique. Cependant, à côté de cette population, nous pouvons constater qu'il y a une autre grande population d'enfants qui passent par un développement de l'apprentissage des nombres dit « atypique ».

Dans ce développement atypique, nous pouvons retrouver divers syndromes génétiques comme le syndrome de Turner (Rovet & al., 1994), Williams (Paterson & al, 1999), le syndrome de délétion 22q11 (Simon, 2005) ou bien celui du X-fragile (Hagerman & al, 1992). Il y a aussi les enfants souffrant d'infirmité motrice cérébrale (IMC) comme le montre l'étude de Jenks, Van Lisheout & De Moor (2012). Finalement, nous pouvons constater que les enfants dyspraxiques peuvent aussi rencontrer des difficultés générales d'apprentissages des mathématiques (Camos et al., 1998).

Nous pouvons donc constater qu'il y a un grand nombre d'enfants qui sont touchés par un développement atypique de l'apprentissage des nombres. Et c'est dans cette constatation générale que la partie suivante prend tout son sens : dans cette population, nous pouvons retrouver les enfants prématurés. Par conséquent, nous allons définir la prématurité et tenter de dresser un tableau cognitif et scolaire de ces enfants.

2.2 La prématurité

2.2.1 Définition

Commençons par définir la prématurité en citant la définition propre de plusieurs grandes sources. Le Larousse propose la définition suivante : « État d'un enfant né avant terme (avant 37 semaines d'aménorrhée) ». L'OMS quant à lui propose une définition un peu plus étoffée qui est : « Un bébé est considéré comme « prématuré » s'il naît avant que 37 semaines de gestation se soient écoulées. Cette notion recouvre trois sous-catégories : la prématurité extrême (moins de 28 semaines), la grande prématurité (entre la 28e et la 32e semaine) et la prématurité moyenne, voire tardive (entre la 32e et la 37e) ». Et pour finir, selon l'encyclopédie Médecine 2000 éditée par Edilec : « Le prématuré est un nouveau-né qui naît avant le terme normal de grossesse (c'est-à-dire entre six mois et huit mois et demi) et dont le poids de naissance est inférieur à 2,500 kg. De plus, au-dessous de 47 cm de taille, le nouveau-né est certainement prématuré. L'étude des points d'ossification à la radio fournit des critères assez sûrs de prématurité ».

Nous pouvons donc en conclure que les scientifiques ont une définition unanime de la prématurité qui regroupe deux caractéristiques : l'âge et le poids. Pour résumer, un enfant prématuré est un enfant qui naît avant 37 semaines et/ou qui a un poids à la naissance inférieur à 2,500 kg.

2.2.2 Prévalence et statistiques

En matière de statistique/prévalence dans la population, l'OMS avance qu'il y aurait environ 15 millions de bébés qui naissent prématurés par an, cela représente un peu plus d'un bébé sur 10, et ces chiffres sont en hausse dans pratiquement tous les pays (2018). Il annonce aussi le nombre d'enfants prématurés qui décèdent à un million chaque année, ce qui fait de la prématurité, la première cause de mortalité chez les enfants de moins de 5 ans. Beaucoup de « survivants », qu'importe leur degré de prématurité, souffriront d'une incapacité tout au long de leur vie dans différents domaines tels que l'apprentissage, la vue et/ou l'ouïe.

L'Organisation Mondiale de la Santé avance aussi le fait que le taux de survie de ces enfants prématurés dépend fortement de la situation socio-économique du pays de naissance. En effet, dans les pays à faibles revenus, 50 % des bébés nés à 32 semaines décèdent à cause d'un manque de soin, jugé inabordable. Tandis que dans les pays à revenu élevé, la quasi-totalité des bébés nés avant 32 semaines survit.

Les chiffres sur le nombre de naissances prématurées donnés par l'INSERM (institut national de la santé et de la recherche médicale), stipulent une augmentation du nombre de naissances à risque dans la population. En effet, en 1995, le taux de prématurité était de 5,9 %, tandis qu'en 2010, ce nombre est passé à 7,4 %. En plus de cette statistique, ils communiquent aussi le pourcentage de chaque type de prématurité : 85 % de prématurité moyenne, 10 % de grande prématurité et 5 % de prématurité extrême. Pour remettre en contexte dans notre pays, dans les communes de la fédération Wallonie-Bruxelles en 2013, l'ONE (office de la naissance et de l'enfance) a recensé 3990 naissances prématurées, cela correspond à un taux de 8,70 % par rapport au nombre total de naissance. Avec les pourcentages communiqués par l'INSERM, nous pouvons émettre de manière hypothétique le nombre de bébés dans chaque type de prématurité : 3392 prématurés moyens, 399 de grands prématurés et 199 prématurés extrêmes pour cette année 2013.

2.2.3 Difficultés générales

Les scientifiques ont montré que les enfants nés prématurément semblent être plus à risque de développer des déficiences (Kerr-Wilson et al., 2012 et EPIPAGE, 2011). Mais quelles sont ces déficiences ? Dans ce chapitre, nous tenterons de dresser un tableau cognitif de cette population.

On retrouve chez les enfants prématurés des troubles dans les fonctions exécutives comme l'inhibition (i.e. freiner ou empêcher un comportement/distracteur externe), la mémoire de travail (i.e. rétention et utilisation d'information à court terme), la planification (i.e. anticipation des événements futurs) ou encore le contrôle de l'attention (Mellier et al., 2011). Il y a aussi des difficultés par rapport à la maîtrise du langage caractérisées par de moins bonnes compétences en production et compréhension sémantique (i.e. comprendre le sens des mots) ou encore en conscience phonologique (i.e. perception et utilisation des unités sonores du langage comme les syllabes).

Au niveau social, les enfants prématurés présentent aussi certaines difficultés. En effet, ils ont de moins bonnes compétences d'ajustement et de régulation émotionnelle, et moins d'interactions synchronisées avec leurs parents (Jones, Champion, Woodward, 2013). De plus, les enfants extrêmement prématurés ont 2 à 4 fois plus de risque de présenter une forme d'autisme (Johnson et al., 2010).

Quand les enfants prématurés arrivent à l'âge scolaire, il y a plus de difficultés qui sont observées. En effet, à cette période, les enfants vont être plus stimulés que précédemment et donc l'utilisation des fonctions cognitives va augmenter.

Comme mentionné précédemment, l'enquête EPIPAGE montre que les enfants de 8 ans avec une grande prématurité, présentent des scores inférieurs en français et en mathématiques. Cependant, d'autres difficultés sous-jacentes sont à observer comme de la dyslexie (trouble du langage), dyscalculie (trouble dans les apprentissages numériques) ou bien de la dyspraxie (trouble du développement caractérisé par une maladresse).

2.2.4 Difficultés et conséquences motrices

Pour commencer, il est important de savoir si les déficiences motrices sont communes ou non. Ainsi, une étude montre que la prévalence de celles-ci pour les enfants très prématurés est de 40 % pour les déficiences « douces » (mild) et modérées et de 20 % pour les élevées (Bos, Van Braeckel, Hitzert, Tanis & Roze., 2013). Nous pouvons donc constater que la prévalence des troubles moteurs dans notre population cible est élevée, c'est donc pertinent de les expliquer et de les détailler.

Tout d'abord, Powls et ses collaborateurs (1995) ont observé le fait que les enfants nés prématurément présentent, de manière significative, des difficultés motrices, en étudiant une cohorte d'enfants de 12 à 13 ans. Les résultats montrent, en utilisant le MABC (Movement Assessment Battery for Children, outil qui mesure les capacités motrices des enfants) qu'ils présentent des difficultés significatives dans six sous-domaines : Vitesse et sécurité de mouvement, coordination des deux mains pour réaliser une seule tâche, coordination main - œil pour suivre une courbe complexe, rattraper une balle, équilibre statique et équilibre statique pendant des mouvements lents contrôlés. Cependant, les enfants nés prématurément ne présentent pas de difficultés significatives pour les activités de lancement sur une cible et de saut en applaudissant. Cette étude vient apporter une précision en ajoutant que les difficultés les plus significatives se trouvent principalement dans le domaine de la dextérité manuelle (e.g. coordination des mains, vitesse et sécurité de mouvement, etc.).

Ensuite, une étude en 2003 (Evensen, Vik, Helbostad, Indredavik, Kulseng & Brubakk) confirme que les enfants prématurés présentent bel et bien des difficultés motrices en étudiant des enfants prématurés avec un poids très bas à la naissance (VLBW³). L'étude révèle que les enfants prématurés VLBW testés avec le MABC présentent des difficultés à travers tout le continuum de ce dernier. Cette conclusion vient compléter celle de Powls et Cie en ajoutant que les enfants prématurés VLBW présentent des difficultés significatives, non seulement pour la dextérité manuelle, mais pour tout le continuum du test.

Au vu des informations apportées par ces études, nous pouvons constater que les enfants prématurés, quel que soit leur degré de prématurité, font souvent face à des problèmes moteurs et que ces derniers touchent beaucoup de domaines.

³ Very Low Birth Weight : Poids à la naissance très faible

Après avoir fait le tour des difficultés générales et motrices, nous allons maintenant mettre en lumière une question qui sera largement expliquée plus tard : les difficultés en mathématiques chez les enfants prématurés sont-elles spécifiques ou consécutives à d'autres déficiences ?

2.2.5 Difficultés spécifiques ou consécutives

Nous savons que les mathématiques nécessitent des fonctions cérébrales particulières comme la mémoire de travail et la mémoire à court terme (Von Aster & Shalev, 2007) ou bien les fonctions exécutives (Coleman, 2005). Selon Geary et al. (2004), un dysfonctionnement de la mémoire de travail est associé à des erreurs de comptage et l'utilisation de stratégies immatures (e.g. le comptage digital).

Au niveau de notre population d'enfants prématurés, la littérature scientifique semble aussi faire des liens entre la prématurité et la mémoire de travail. Par exemple, Rjeck et al. (1996) montrent que des enfants prématurés testés à l'âge de 6 ans ont une efficacité moins bonne en mémoire de travail par rapport aux groupes contrôles (enfants non prématurés de classes sociales moyennes ou défavorisées). Luciana et al. (1999) confirment ces résultats en montrant eux aussi un état plus faible des capacités en mémoire de travail chez des enfants âgés de 7 et 9 ans nés prématurément. Un lien semble exister aussi entre prématurité et déficience(s) des fonctions exécutives (Bhutta et al., 2002 cité par Borradori Tolsa et al., 2014).

Face à ces conclusions, nous sommes en droit de nous demander si les fonctions exécutives et la mémoire de travail sont les seules et uniques causes des problèmes en mathématiques dans notre population cible. En effet, si nous prenons un groupe d'enfants non prématurés et un groupe d'enfants prématurés avec des compétences en mémoire de travail significativement identiques, allons-nous relever des différences ?

C'est donc au tour de cette réflexion que la suite de ce travail va s'articuler. Il tentera de déterminer si les difficultés en mathématiques dans notre population sont spécifiques (liés à la prématurité) ou consécutives (liés aux problèmes en mémoire de travail et en fonctions exécutives). De plus, s'il s'avère que les difficultés présentées sont spécifiques à la prématurité, il est important de faire un état des lieux de ces difficultés afin de savoir comment modifier la scolarité pour ces enfants.

Partie 2 : Méthodologie

Dans cette partie concernant la méthodologie, la ligne directrice PRISMA sera suivie (PRISMA 2020 Checklist, M.J. McKenzie et all.). Cette ligne directrice permet de traiter les différentes étapes de notre méthodologie dans l'ordre chronologique de notre recherche. Cet ordre est le suivant : définir des critères d'inclusion et d'exclusion des références trouvées, nommer les bases de données utilisées ainsi qu'expliquer les stratégies de recherches utilisées pour chacune de ces bases de données, expliquer la méthode de sélection des références trouvées après utilisation des critères et expliquer la méthode de récolte des données de ces références (utile pour l'interprétation et les résultats dans les étapes suivantes) et finalement, spécifier l'outil choisi pour réduire les risques de biais des articles.

1. Définition de notre question de recherche

Sur base des informations détaillées dans notre introduction, nous avons établi la question de recherche précise suivante : quel est le profil d'apprentissages numériques et arithmétiques (chaîne numérique verbale, dénombrement, cardinalité et opérations arithmétiques) des enfants nés prématurément âgés de 0 à 12 ans en comparaison aux enfants nés à terme ?

Dans celle-ci, nous pouvons retrouver certains éléments relatifs à l'anagramme PICO (Population, Intervention, Comparaison, Outcomes).

Notre population (P) correspond à tous les enfants nés prématurément, en accord avec notre définition citée précédemment et regroupant donc tous les enfants nés avant 36^{6/7} semaines de gestation.

Ensuite, comme le critère « Intervention » (I) ne peut pas être appliqué pour notre question de recherche, nous avons la comparaison (C). Elle correspond à la comparaison des apprentissages numériques et arithmétiques entre notre population (P) et un groupe contrôle qui est caractérisé par le critère « Nés à terme ».

Finalement, notre « Outcomes » (O), qui peut être traduit dans notre question de recherche par « Objectif », correspond au fait de mesurer les différences entre les deux populations

présentes dans notre recherche et aussi mesurer les conséquences des critères de notre population (P) sur les apprentissages numériques et arithmétiques.

La définition de notre question de recherche nous a amené à établir des critères précis d'inclusion et d'exclusions qui seront détaillés ci-dessous.

2. Critères d'inclusions et d'exclusions

Les critères d'inclusions et d'exclusions vont être exposés et expliqués dans cette partie de notre méthodologie. Ces critères permettent de retenir ou d'écarter les textes qui ne nous seront pas pertinents pour la suite de notre recherche. Certains critères sont établis pour répondre précisément à notre question de recherche. D'autres critères nous permettent de nous assurer que les articles choisis seront de qualité et d'actualité.

Premièrement, notre premier critère repose sur la date de publication des articles. Nous avons choisi de ne sélectionner que les articles publiés entre les années 2000 et 2021. Ce choix vient d'une volonté de ne traiter que des articles « Récents » pour n'étudier que les nouvelles recherches dans ce domaine et ainsi avoir une vision globale des informations que nous avons à l'heure actuelle sur notre problématique.

Deuxièmement, le second critère traite du type de publication. Nous avons décidé de ne traiter que des articles dits « Peer-review ». Le peer-reviewing peut être défini par le fait qu'une ou plusieurs personnes, présentant le même niveau de compétence sur un même sujet, va/vont évaluer le travail d'un/des autre(s) auteur(s). Ce processus permet d'auto-réguler les publications dans les différents domaines scientifiques et ainsi augmenter le niveau global des publications, leur qualité. Nous avons décidé de ne prendre que des articles « peer-review » car nous nous devons de travailler uniquement sur des papiers de qualité.

Troisièmement, nous avons choisi de ne sélectionner que les études qui utilisaient un groupe contrôle ou bien des tests standardisés/normés. Ce critère repose sur l'utilisation de l'anagramme « PICO » pour la définition de la question de recherche (Comparaison) et sur le fait que pour étudier la population d'enfants prématurés, nous devons les comparer à la population dite « tout-venant » afin d'avoir une idée de leurs difficultés comparativement au reste de la population. Nous avons considéré que le groupe contrôle pour notre recherche faisait référence aux enfants ne présentant aucune déficience/maladie/syndrome. Cette comparaison

avec la population « tout-venant » ne peut donc venir uniquement par un groupe contrôle ou bien des tests standardisés/normés, c'est-à-dire des tests qui se rapportent à une moyenne établie.

Quatrièmement, l'âge était pour nous essentiel car nous étudions les bases numériques jusqu'à l'entrée dans l'arithmétique. Pour se faire, nous devons limiter la population afin de ne pas avoir des articles qui parlent des apprentissages plus tardifs des adolescents et adultes. Pour se faire, nous avons limité notre recherche pour n'avoir que des résultats traitant des enfants âgés de 0 à 12 ans. Nous avons décidé d'utiliser le critère de scolarité pour limiter les âges mais vu que les termes qui désignent les différentes années ne sont pas les mêmes entre toutes les langues, nous avons dû utiliser une certaine quantité de descripteurs qui seront définis dans les points suivants.

Cinquièmement, la prématurité étant un des sujets principaux de notre recherche, il est important de la définir pour poser des critères d'inclusions et d'exclusions. Nous avons décidé, conformément aux différentes définitions citées dans la partie « Définition de la prématurité », de prendre toutes les études traitant des enfants nés avant 36^{6/7} semaines de gestation. Dans une optique d'avoir une vision globale des difficultés de la population des enfants prématurés, nous n'avons pas rejeté de catégorie de prématurité. C'est-à-dire que tous les types de prématurités étaient acceptés (tardive, modérée, grande prématurité et l'extrême prématurité). Et finalement, pour être en parfait accord avec les différentes définitions, nous avons aussi ajouté le critère de « Poids à la naissance » et avons sélectionné les études qui traitent des enfants nés avec un poids inférieur à 2,500 kilogrammes.

En sixième et dernier point, nous avons tous les critères se référant aux compétences numériques et arithmétiques qui sont développées par notre population. Les différentes grandes compétences abordées dans notre recherche sont : la litanie⁴, le dénombrement, la cardinalité et l'arithmétique. Par conséquent, seuls les articles traitant d'une ou de plusieurs de ces thématiques ont été acceptés dans notre recherche. Les articles traitant de la magnitude, de la compréhension du nombre arabe ou de tous les autres concepts mathématiques, sans aborder au moins un seul des quatre précédents, étaient exclus. Il est important de souligner que tous les articles qui ne présentaient pas de manière claire les différents concepts mathématiques étudiés au sein de leur étude étaient eux aussi exclus de nos résultats. Pour résumer, tous les articles qui ne traitaient pas au moins un des quatre grands concepts numériques ou arithmétiques, qui ne

⁴ Récitation et connaissance de la chaîne numérique verbale

définissaient pas les concepts étudiés ou bien qui définissaient les concepts de manière différente de la nôtre, étaient exclus.

3. Bases de données

La réalisation de ce travail a nécessité un minimum de deux bases de données ou sources d'informations. Les deux bases de données utilisées via Ovid⁵ sont celles-ci : Psycinfo, base de données tournée vers les sciences sociales et comportementales, allant de 1806 à la cinquième semaine de mars 2021 et ERIC, base de données tournée vers les sciences de l'éducation, allant de 1965 à janvier 2021. Les dernières recherches ont été réalisées et consultées le 22 avril 2021 avec 314 références pour Psycinfo et 73 pour Eric, pour un total de 387 références, respectant ainsi le maximum de 500 références imposées pour un mémoire réalisé à la Faculté de Psychologie, Logopédie et Science de l'Éducation de l'Université de Liège.

4. Stratégie de recherche

Une stratégie de recherche est une succession de commandes et de limites qui permettent de trouver des articles publiés dans la littérature scientifique et qui traitent d'un sujet précis élaboré avant la stratégie. Cette dernière est toujours utilisée dans une revue de la littérature.

La stratégie de recherche utilisée dans ce mémoire a été développée en collaboration avec Line Vossius ainsi que sous la supervision de Nancy Durieux. Cette stratégie utilise des descripteurs venant des bases de données, du langage libre ainsi que des limites proposées par chacune des bases de données.

Avant de choisir les descripteurs ainsi que les mots du langage libre, nous avons dû délimiter nos thèmes de recherches. Par conséquent, nous avons décidé d'établir trois listes de descripteurs et de langage libre : la première traitant de la prématurité, la seconde des apprentissages mathématiques et finalement une sur la scolarité pour délimiter l'âge de la population sélectionnée.

⁵ Interface regroupant plusieurs bases de données

Après avoir établi les différents grands domaines de notre recherche, il est essentiel de faire attention aux termes choisis. En effet, il existe une multitude de descripteurs qui définissent un même concept. Le choix de chacun des termes doit être réalisé avec soin afin de réduire le plus possible le bruit⁶ de notre recherche. Afin d'explicitier ce propos, nous allons détailler la stratégie de recherche utilisée sur Psycinfo [Annexe 1 pour Psycinfo et Annexe 2 pour ERIC].

Pour les termes se référant aux apprentissages mathématiques (choix arbitraire pour expliquer un des trois thèmes), nous avons débuté en cherchant les descripteurs présents sur Psycinfo et dont la définition se rapporte à notre thématique de recherche. Nous avons donc « Mathematical Ability » qui se réfère à toutes les habilités en mathématiques, c'est une catégorie assez vaste qui sera élaguée par les autres concepts utilisés pour cette catégorie. Nous avons ensuite choisi des descripteurs se référant plus à la notion de nombre, avec par exemple : « number compréhension » qui se réfère à la connaissance de la signification et des relations entre les numéros, « number system » ou bien « numerosity perception » qui lui se réfère à la perception d'une quantité présentée visuellement, oralement ou par d'autres modes. Ces termes viennent compléter les habilités en mathématiques. En dernier lieu, nous avons des descripteurs se référant directement aux mathématiques de manière générale et spécifique : « mathematics » OR « mathematics (concepts) » OR « mathematics achievement » OR « mathematics education ».

Cependant, à côté de ces descripteurs proposés par la base de données, nous avons dû utiliser du langage libre car les apprentissages mathématiques pendant l'enfance sont riches et variés et nécessite une certaine quantité de termes pour bien tous les cerner. Nous avons donc du langage libre qui ressemble à ceci : « early num*⁷ adj3 (skill* or abilit* or learning*) » OR « number adj3 (compreh* or system* or concept* or operati* or learn* or calcul* or word* or compet*) » OR « numeracy* » OR « numeri* » OR « cardinal* » OR « (algebr* or arithmet*) » OR « comput* or subtraction* » OR « numeral* » OR « count » OR « counting » OR « cardinality » OR « (cardinal* and knower*) » OR « numeracy » OR « numeri* » OR « enumerat* ». On peut constater avec ces nombreux descripteurs en langage libre que c'est compliqué de délimiter les recherches afin qu'elles soient complètes et les plus pertinentes possibles. Nous pouvons constater ces difficultés avec le terme « cardinal » qui se réfère en français à la cardinalité (Chapitre 2.1.4). En effet, ce terme ne suffit pas car il va apporter une

⁶ Article qui ne nous concerne pas, qui traite un sujet externe au nôtre

⁷ L'astérisque est utilisé en langage libre afin de chercher tous les mots qui ont la base présente avant cette dernière

certaine quantité de bruit se référant à des domaines différents de celui des mathématiques. Nous avons donc combiné « cardinal* » avec « knower* » car ces termes sont souvent associés pour parler de la cardinalité en mathématique. Cependant, le terme « cardinal » est resté dans la stratégie de recherche afin d’avoir le plus de résultats possible pour le domaine « cardinalité », combiné avec les autres thèmes de la recherche, il est très peu probable de tomber sur du bruit venant d’autres thématiques que celle des mathématiques.

Concernant le thème de la scolarité, il est essentiel de rappeler que les nomenclatures ainsi que le système de scolarité ne sont pas les mêmes dans tous les pays. Par conséquent, nous avons essayé de diversifier le plus possible nos descripteurs/langage libres afin de trouver des résultats venant des différents systèmes éducatifs existant à l’échelle (e.g. « Kindergarten » OR « Elementary school » OR « first grade » OR « nursery school », liste non exhaustive).

Par ailleurs, pour les limites de notre recherche, les articles publiés entre 2000 et 2021 ont été sélectionnés, ces derniers devaient être en anglais ou en français, par souci de compréhension de la langue et pour ne pas passer par des traducteurs qui pourraient fausser les recherches. Et finalement, comme abordé précédemment, seuls les articles revus par les pairs ont été sélectionnés (Peer-review).

5. Processus de sélection

Le processus de sélection des articles s’est déroulé en deux temps. Pour la première partie, seuls les titres et abstracts (avec l’aide des critères d’inclusions et d’exclusions, point 1 de ce chapitre) ont été lus afin de juger si les articles traitaient la bonne thématique. Si le titre ainsi que l’abstract ne semblaient pas pertinents pour notre recherche, les articles étaient rejetés. Après cette première partie, des 387 références, seuls 40 ont été sélectionnées pour la deuxième partie du processus de sélection. Ce processus a été réalisé par deux personnes afin d’obtenir un résultat le plus neutre et complet possible. Par ailleurs, si nous avions des incertitudes ou hésitations à propos d’un article, une mise en commun et un débat étaient effectués afin de savoir si l’article devait être gardé ou écarté.

Pour la seconde partie, réalisée après la lecture complète des articles, seuls les articles qui respectaient les critères d’inclusions ont été sélectionnés. Ces articles devaient présenter un groupe contrôle ou un test standardisé, être dans la tranche d’âge décidée et parler des domaines mathématiques propres à l’apprentissage du sens du nombre et de l’arithmétique. Ces différents

critères seront expliqués plus largement dans le point suivant avec notamment, la création de la table d'extraction.

6. Processus de collecte des données et Data Items

Pour collecter les données des différents articles retenus, nous avons élaboré un tableau d'extraction. Ce type de tableau permet de relever et synthétiser les informations provenant des différents articles. Les colonnes se déclinent selon les critères d'inclusions et ensuite avec les informations que l'on recherche dans les articles (e.g. dans notre cas, des colonnes « Litanie » et « Type de prématurité » étaient présentes). Tous ces critères d'inclusions et type d'information ont été regroupés en trois grands domaines.

Le premier domaine concerne la population et aborde l'âge des enfants, le type de prématurité, la présence ou non d'une déficience intellectuelle et le type d'enseignement dans lequel les enfants se trouvent. Dans cette catégorie se trouve aussi le critère de groupe contrôle.

Le deuxième domaine concerne l'apprentissage du nombre et les mathématiques. Ces apprentissages sont déclinés sous deux catégories : la première aborde les apprentissages pré-arithmétiques avec la litanie (chaîne numérique verbale), le comptage ou dénombrement et la cardinalité et ensuite nous avons l'arithmétique en elle-même. Dans cette catégorie, nous pouvons aussi retrouver, à titre purement indicatif, le nom de chaque test et mesure effectués pour une étude.

Le troisième et dernier domaine concerne tous les autres concepts qui ont été testés dans les recherches. Ces autres concepts se déclinent selon deux catégories : la première concerne les autres concepts mathématiques testés et qui donc englobent la magnitude, la résolution de problème, la connaissance du nombre, la reconnaissance des symboles mathématiques ou bien la géométrie. La deuxième catégorie concerne tous les autres concepts testés qui ne se retrouvent pas dans la sphère des mathématiques et qui englobe donc toutes les fonctions exécutives (inhibition, mémoire de travail, planification, etc.), les compétences motrices fines ou globales, la lecture, l'écriture ou bien encore l'intelligence avec des tests de QI.

En parallèle de ces trois domaines importants, d'autres informations ont été relevées pour la réalisation de ce tableau : méthodologie utilisée par les chercheurs, résultats principaux de

l'étude et informations sur la qualité de l'article par l'utilisation d'une checklist scientifique. Ces différentes informations sont utiles pour la réalisation de la suite de ce travail.

Ce tableau a été complété en collaboration avec Line Vossius qui supervisait la réalisation de l'extraction. Nous étions donc deux pour la réalisation de ce tableau et nous travaillions de manière indépendante avant de mettre en commun nos résultats. De plus, aucun outil d'automatisation ni de processus d'obtention ou de confirmation des données auprès des investigateurs des études n'a été utilisé lors de la réalisation de ce tableau.

7. Évaluation des risques de biais des études

Pour évaluer les risques de biais de chaque étude et pour juger la qualité des articles, la grille d'évaluation JBI 2020 a été utilisée. Cette grille nommée « JBI Critical Appraisal Checklist For Analytical Cross Sectional Studies » permet de juger la qualité de l'étude en s'assurant qu'une comparaison entre chaque article est possible. Par le simple fait de comparer les articles entre eux, nous nous assurons de supprimer certains types de biais dans un premier temps. Par cette grille, chaque manquement d'information sera clairement établi et nous permettra de juger et d'identifier certains biais présents dans les articles traités.

Pour ce mémoire, la partie qui est la plus intéressante sera l'analyse de la méthodologie des articles et les données statistiques ressortant des différentes études. Afin de savoir si notre population d'enfant prématuré présente des difficultés ou non, il est important de veiller à ce que la méthodologie (le choix des participants/population et le choix des tests) soit la plus pertinente et juste. Il est aussi intéressant de noter que la justesse des données statistiques est essentielle afin de ne pas se baser sur des résultats incorrects ou juger positifs trop rapidement.

Ainsi, cette liste se concentre sur la qualité de la méthodologie, en abordant les biais possibles dans leur design, conduite ou analyse et permet donc de mesurer 8 points distincts qui permettent de juger la fiabilité des documents : Identification de la présence des critères d'inclusions pour les échantillons, évaluation de la qualité des descriptions des sujets d'étude et des paramètres, évaluation des méthodes d'évaluation et de la pertinence de leur sélection, évaluation des conditions de caractérisation et définition de la population, identification de la présence des covariables (« confounding factors »), identification des moyens mis en place pour gérer ces covariables au préalable définies, identification de la pertinence des mesures utilisées et de l'expertise des scientifiques qui font passer les tests et finalement, évaluation des

choix statistiques. Ces 8 points sont cotés selon 4 possibilités : « Yes », « No », « Unclear » et « Not applicable ». Nous avons décidé de coder les 4 possibilités, respectivement : 2, 0, 1 et le « Not applicable » compte pour 0 mais n'a pas de poids dans le total final. Par conséquent, si tous les points ont pu être évalués, le total sera sur 16 au maximum. Des totaux en dessous de 16 signifient qu'un ou plusieurs points ont été jugés inapplicables.

Partie 3 : Résultats

Dans ce chapitre concernant les résultats de nos recherches, la ligne directrice PRISMA sera suivie (PRISMA 2020 Checklist, M.J. McKenzie et all.). Cette ligne directrice, comme pour la méthodologie, nous permettra de citer toutes les informations nécessaires et requises pour réaliser une revue de la littérature de qualité. Pour se faire, elle conseille d'aborder différents points ressortant de notre recherche : l'explication des résultats de la sélection des études (avec l'aide de diagramme), présentation des caractéristiques de chaque étude, présentation des résultats de l'outil utilisé pour identifier les potentiels biais présents, présentation des résultats de chaque étude et finalement synthétisation des résultats.

1. Sélection des études

Après l'application de la stratégie de recherche sur Psycinfo, un total de 314 références a été établi.

Parmi ces 314 références, seulement 21 ont été sélectionnées pour cette étude à la fin du processus de sélection pour la base de données Psycinfo. Par conséquent, 293 articles ont été écartés selon les critères d'éligibilité cités précédemment. Parmi ces 293 articles écartés, 240 articles ont été exclus lors de la lecture du titre uniquement. Les raisons principales d'exclusion à partir du titre sont : mauvaise population, n'aborde pas les mathématiques, ne traite aucune de nos thématiques ou bien associations de notre population avec d'autres troubles possibles. Selon les mêmes critères, 35 articles ont été exclus suivant la lecture de l'abstract. Donc après la lecture du titre et de l'abstract, 275 articles ont déjà été écartés. Après cette première étape de sélection, 39 articles vont être lus entièrement pour le deuxième processus de sélection.

Après l'application de la stratégie de recherche sur ERIC, un total de 73 références a été établi. Parmi ces 73 références, seulement une a été sélectionnée pour cette étude à la fin du processus de sélection pour la base de données ERIC. Par conséquent, 72 articles ont été écartés toujours selon le respect des critères d'éligibilité cités précédemment. Parmi ces 72 références,

22 ont été exclus car ils étaient des doublons⁸. 44 ont été exclus après la lecture du titre uniquement. Les raisons principales d'exclusions sont les mêmes que pour la recherche sur Psycinfo. Et finalement, 6 ont été exclus après la lecture de leur abstract. Les raisons d'exclusion après lecture de l'abstract sont pratiquement les mêmes que pour ceux concernant le titre avec l'addition de l'identification du fait que l'article n'aborde pas les mathématiques de manière assez précise. Après cette première étape de sélection, 1 article va être lu entièrement pour le deuxième processus de sélection.

Après la première étape de sélection, 40 articles ont donc été retenus sur les deux bases de données afin d'être lus entièrement avant la sélection finale. Parmi ces 40 articles, 18 ont été exclus et 22 ont été sélectionnés pour l'analyse finale et la réalisation des tableaux d'extractions qui seront expliqués et détaillés dans le point 2 de ce chapitre. Les critères de sélection pour ce deuxième processus de sélection sont globalement les mêmes que ceux utilisés lors de la première sélection et qui sont longuement expliqués dans la partie méthodologique de ce travail. Nous allons cependant quand même détailler chaque exclusion de ces 18 articles afin d'expliquer précisément pourquoi ils ont été écartés de notre sélection finale.

Dans un premier temps, les deux études suivantes ont été écartées car elles n'étaient pas disponibles en ligne sous l'utilisation du VPN mis à disposition par l'Université. Dans un souci de facilité, ces articles ont donc été écartés (Brown et al., 2019 ; Hagen et al., 2006).

Dans un second temps, quatre références ont été écartées car elle n'abordait aucun concept mathématique qui nous intéresse pour notre question de recherche (Rouse et al., 2020 ; Tinelli et al., 2015 ; Klein et al., 2014 ; Hellgren et al., 2013) et aborde plutôt des thématiques comme la magnitude⁹ ou l'application de problème. Cinq références ont été écartées car elles étaient trop vagues au niveau mathématique et il était donc impossible d'extraire les informations pour nos tableaux d'extraction. Le domaine mathématique et numérique de ces articles n'était pas défini précisément et par conséquent il était impossible de le comparer aux autres articles (Hasler & Akshoomoff, 2019 ; El Hassan et al., 2018 ; Johnson et al., 2016 ; Sansavini et al., 2011 ; Schneider et al., 2004). Ces articles ne définissaient soit pas les concepts étudiés, soit englobaient l'entièreté des tests sous la vignette « Mathematics ».

Dans un troisième temps, trois références ont été écartées car le type de document n'était pas adéquat. Deux de ces trois références étaient en fin de compte des revues de littérature

⁸ Déjà présents dans la première base de données (ici, Psycinfo)

⁹ Propriété qui permet d'estimer si un objet est plus grand ou plus petit qu'un autre objet de la même catégorie

(Keller-Margulis et al., 2011 ; Taylor et al., 2009). Après avoir remarqué que les deux articles étaient des revues de littératures, les articles cités ont été examinés afin de voir s'ils pouvaient être ajoutés dans notre revue. Par conséquent, trois références ont pu être ajoutées afin de compléter le plus possible notre travail actuel. La troisième est un commentaire d'un article, qui par ailleurs a déjà été exclu car il n'abordait pas nos apprentissages numériques et arithmétiques (Ricci & Tinelli, 2013).

Et finalement, quatre études ont été écartées car elles ne nous apportaient aucune information utile pour notre question de recherche et donc notre analyse. Par conséquent, l'étude de Heitzer et al., (2020) est tournée vers les mathématiques préscolaires. Ce n'est pas une des étapes des apprentissages numériques que nous abordons dans ce mémoire, il a donc été logiquement exclu. Ensuite, l'étude de Bentley et al., (2018) se voit finalement étudier des enfants qui ne sont pas nés de manière prématurée. Au vu du fait qu'il ne touche pas à notre population, cette étude a aussi été exclue. L'étude d'Ullman et al., (2015) présente des résultats en se basant uniquement sur l'imagerie par résonance magnétique (IRM) et ne nous apporte donc aucune information précise vis-à-vis des apprentissages numériques et arithmétiques que nous étudions dans ce travail présent. Finalement, l'étude de Kiechl-Kohlendorfer et al., (2013) pose ses recherches sur l'identification des facteurs de risques de la prématurité et n'apporte aucune information précise sur les apprentissages que nous étudions. Cette étude peut tout de même est gardée pour la rédaction de la discussion mais nous sera inutile pour la partie résultat uniquement.

En combinant les deux bases de données, nous avons 387 références identifiées au départ. De ces 387 références, 22 ont été écartées car elles étaient des doublons. Après lecture des titres, 284 articles ont été écartés et après la lecture de l'abstract, 41 articles ont été en plus exclus. Ensuite, après lecture complète des articles, 25 ont été retenus (dont 3 provenant des revues de littératures retrouvées dans nos recherches).

Dans une volonté de présenter un cheminement clair et précis pour les multiples phases d'exclusion de références et pour respecter les recommandations de la checklist PRISMA (PRISMA 2020 Checklist, M.J. McKenzie et all.), ces dernières ont été résumées dans le diagramme de flux ci-dessous.

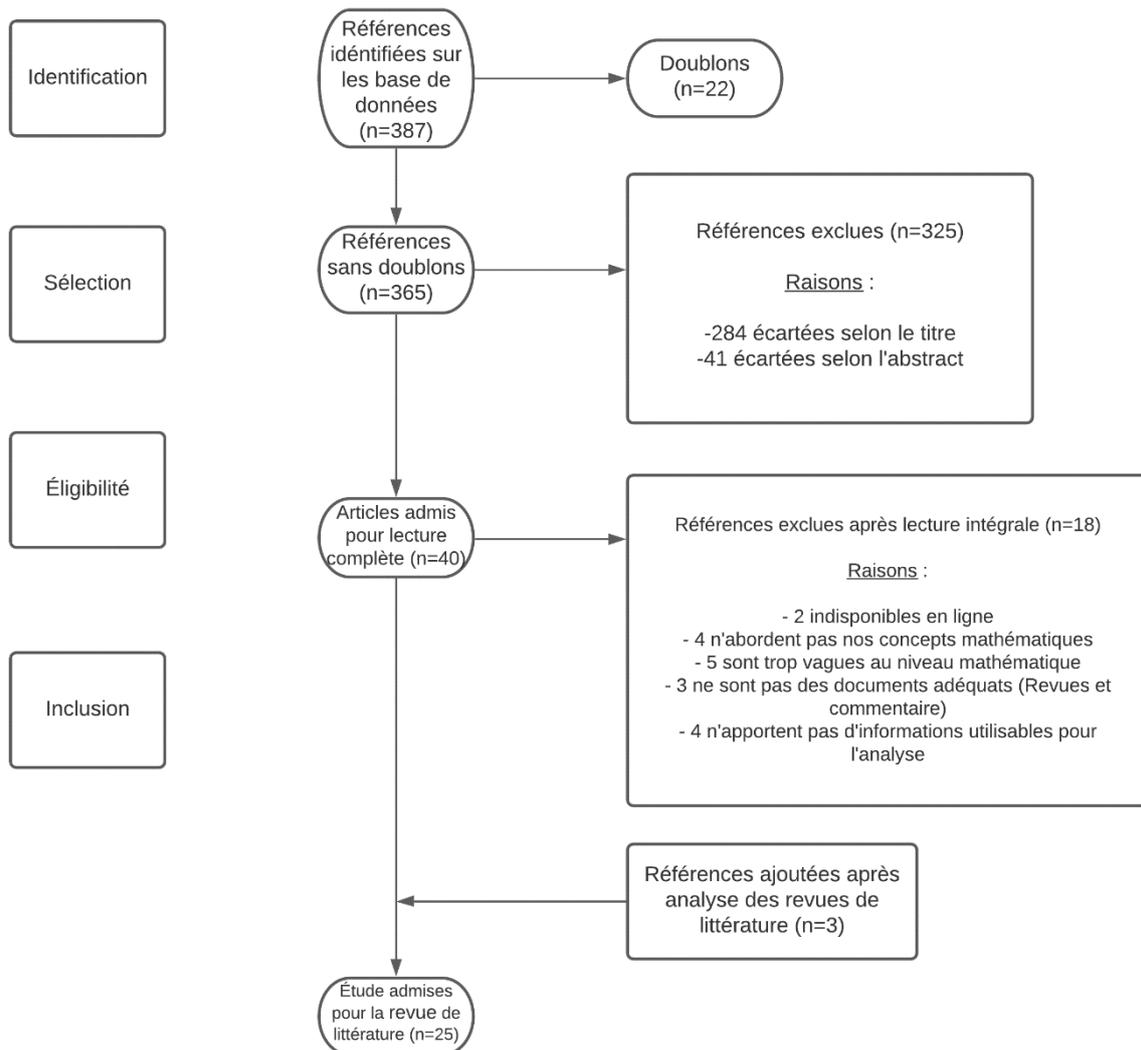


Figure 1 : Diagramme de flux des différentes étapes de sélection des références

2. Caractéristiques des études

À la suite de la sélection des 25 études, les données principales ont été extraites et répertoriées dans trois tableaux d'extraction. Le premier tableau concerne principalement les caractéristiques de notre population ainsi que la méthodologie choisie et l'appariement des sujets. Le deuxième tableau se concentre sur les apprentissages numériques et arithmétiques abordés dans les papiers en les citant avec les tâches utilisées pour les évaluer et le troisième concerne les statistiques intéressantes pour notre recherche et finalement, le score à la checklist précédemment cité est aussi référé en fin de ce tableau.

Nous pouvons donc constater que la réalisation de ces tableaux a suivi l'anagramme PICO que nous avons expliqué dans la partie méthodologie de ce travail. En effet, pour le premier tableau nous pouvons retrouver les caractéristiques de la population (P) ainsi que la comparaison aux caractéristiques d'un groupe contrôle (C). Et dans le troisième tableau, l'objectif (O) est représenté par le statut « significatif » ou « non significatif » ainsi que par la colonne résultat qui relève toutes les différences entre notre population (P) et le groupe contrôle (C).

Il est important de noter que lors de l'extraction des données, d'autres informations ont été sélectionnées mais n'ont pas été reprises dans les trois tableaux finaux car elles n'étaient pas essentielles pour l'analyse de ces papiers.

2.1 Caractéristiques de la population (P)

Pour les deux populations présentes dans les papiers qui utilisent un groupe contrôle et un groupe « prématuré », la tranche d'âge varie entre 9 mois pour le plus jeune et 16 ans pour les sujets testés les plus vieux dans ces échantillons. La moyenne d'âge de ces diverses tranches d'âge est d'environ 7,2 ans, la médiane est de 7 ans et le mode¹⁰ est de 6 et 8 ans. Toutes ces tranches d'âge permettant de calculer cette moyenne sont disponibles dans le tableau 1. Le critère « âge » est donc en adéquation avec notre question de recherche. Le fait que des enfants en dessous de 3 ans ont été testés peut être souligné mais reste un phénomène rare car à ces âges-là, les enfants n'ont pas encore acquis les bases expliquées dans la partie théorique de ce travail. Si ces enfants jeunes ont été testés dans les études retenues, cela vient principalement du fait qu'à ces âges-là, les enfants étaient testés sur d'autres concepts, comme le niveau cognitif ou la motricité.

Ensuite, le type d'enseignement a aussi été relevé car comme expliqué dans la méthodologie, afin de limiter et préciser l'âge, le critère « année scolaire » a été utilisé. Il est important de noter que les études proviennent de pays différents et que le système éducatif est différent entre chaque pays. Par conséquent, nous n'avons pas les mêmes appellations pour les différentes années du cursus scolaire. Nous retrouvons donc dans notre recherche différentes appellations : six études parlent de « Elementary School », 6 « Kindergarten », 3 « Primary school », trois

¹⁰ Nombre le plus fréquent dans une série

utilisent le système de grade, allant de 1 à 5 pour nos résultats, 1 « Preschool », 3 « Early school years », une parle de grande section maternelle, 1 « Middle School » et finalement 1 étude utilise le système « Junior (2) » et « Primers (3 et 4) ». En analysant les différentes appellations, nous pouvons constater que le type d'enseignement varie entre la maternelle et le début/milieu des primaires (si on utilise le système éducatif belge). Le type d'enseignement est donc aussi en adéquation avec notre question de recherche, qui pour rappel, se concentre sur les premiers apprentissages numériques et arithmétiques lors des premières années scolaires (maternelles) jusqu'à l'arithmétique qui arrive plus tard dans le cursus des enfants (primaires).

Dans l'ensemble, les enfants nés prématurément ainsi que les enfants tout-venant ne présentaient aucune déficience intellectuelle ou motrice. Tous les enfants qui présentaient ce type de déficience ont été systématiquement écartés des échantillons.

Quant à la taille des échantillons, une grande hétérogénéité est observable entre toutes les études car certaines études ont utilisé des bases de données/banques de recensement alors que d'autres se concentrent sur un échantillon de taille faible. Les échantillons peuvent être calculés de trois manières différentes : en ne prenant en compte que les groupes contrôles, que les enfants prématurés ou bien en additionnant tous les effectifs d'une étude. Pour la première manière, les effectifs des populations contrôles varient entre 7 et 4300. Pour la seconde manière, les effectifs d'enfants prématurés varient entre 7 et 2800. Finalement, les effectifs totaux varient entre 14 et 6000.

Finalement, le dernier critère utilisé pour nos analyses est le type de prématurité présenté par les enfants de l'échantillon « prématuré ». Parmi les études sélectionnées, il est intéressant de d'abord souligner que six d'entre elles utilisent le critère de poids à la naissance principalement et non le critère « âge gestationnel ». Trois études se basent sur des groupes avec des enfants qui ont soit un poids inférieur à 750 grammes, soit un poids entre 750 et 1499 g. Une quatrième se base sur un groupe dont le poids se situe en dessous ou est égal à 1500 grammes et un groupe qui se situe entre 1500 et 2500 grammes. Il y ensuite deux études qui se basent respectivement sur un groupe avec les enfants qui ont eu un poids inférieur à 1000 g et un qui sélectionne tous les enfants qui sont nés avec un poids entre 2499g et le minimum possible. Ensuite, deux études ne signalent pas précisément les semaines de gestation lors de la naissance des enfants sélectionnés et citent simplement le fait que ce sont des prématurés de type « Extremely premature ». Quant aux autres études, les auteurs ont clairement stipulé les semaines de gestation des enfants prématurés. Avec l'aide des informations présentées dans la partie théorique sur la prématurité, chaque nombre de semaines

de gestation à la naissance donnée par les auteurs va être classé dans les différentes catégories de prématurité. Il y a donc quatre études qui étudient la prématurité tardive (entre 34 et 36 GA¹¹), six étudient la prématurité modérée (entre 32 et 33 GA), 17 qui parlent de la grande prématurité (entre 27 et 31 GA) et 17 qui parlent de l'extrême prématurité (entre 22 et 26 GA). En outre, il est important de souligner que la plupart des études ne précise pas clairement toutes les semaines de gestation des enfants à la naissance et se contente de signaler, par exemple que tous les enfants prématurés sélectionnés ont des semaines de gestation inférieure à 30. C'est une des raisons qui explique la surreprésentation des deux dernières catégories de prématurité.

¹¹ Gestational Age = âge gestationnel, nombre de semaines entre les dernières règles de la mère et la naissance de l'enfant

Tableau 1 : Tableau d'extraction des caractéristiques de la population (Complément disponible dans l'Annexe 3)

Étude	Age (année)	GC	Prématurité (semaine)	DI	Type d'enseignement	Nombre de sujet (C/P)
Guarini et al., 2021	9 à 11	O	< 32	N	Elementary school	65/33
Adrian et al., 2020	5 à 7	O	24 à 32	N	Kindergarten	27/51
Keller-Margulis & Dempsey, 2020	3 à 5	N	< 31	N	Preschool age	0/21
Guarini et al., 2019	10	O	< 32	N	Primary school	54/37
Korpiäa et al., 2019	0 à 7	O	< 32	N	Elementary school	175/193
Taylor et al., 2018	5 jusqu'à 7	O	Extremely	N	Kindergarten	111/145
Hannula-Sormunen et al., 2017	5	O	< 37	N	Kindergarten	100/119
Akshoomoff et al., 2017	10	N	Entre 23 et 27	N	Grade 5	0/668
Alanko et al., 2017	6 et 7	O	< 32	N	Grade 1	175/194
Lee et al., 2017	9 mois à 4	O	< 28 et < 37	N	Preschool et Kindergarten	4300/700
Shah et al., 2016	9 et 24 mois	O	Entre 34-36 et 37-38	N	Kindergarten	3200/2800
Taylor et al., 2016	5 à 7	O	< 30	N	Grade 1, 2 et 3	70/194
Thevenot et al., 2016	5 (moyenne)	O	28 à 32	N	Grande section maternelle	7/7
Tatsuoka et al., 2016	5	O	Extremely	N	Kindergarten	100/121
Guarini et al., 2014	6 et 8	O	< 33	N	Primary school	60/140
Aarnoudse-Moens et al., 2011	4 à 12	O	< 30	N	Preschool et Primary	230/200
Espy et al., 2009	7 et 10 à 16	O	< 37	N	Early school age et elementary school	67/129
Pritchard et al., 2009	6	O	< 33	N	Junior 2 et Primers 3 & 4	108/102
Wocaldo & Rieger, 2008	8	O	< 30	N	Early school years	X/323
Litt et al., 2005	11	O	VLBW (750 à 1499g et <750g)	N	Elementary school	52/31(<750g) /41
Anderson et al., 2003	8	O	ELBW (<1000g) ou <28	N	Early school years	223/275
McGrath & Sullivan, 2002	8	O	LBW/VLBW/ELBW (de 0 à 2499g)	N	Early school years	37/151
Taylor et al., 2002	11 (moyenne)	O	<750g et entre 750 et 1499g	N	Elementary school	66/116
Breslau et al., 2001	6 et 11	O	VLBW (<1500 à 2500g)	N	Primary et elementary school	372/306
Taylor et al., 2000	11	O	VLBW (750 à 1499g et <750g)	N	Middle school	49/60 (<750g) /55
Résultat (ratio)		23/25		0/25		

2.2 Comparaison des deux groupes (C)

Afin de pouvoir comparer les deux groupes (C) entre eux, il est essentiel de poser des critères communs permettant une analyse comparative. Pour ce faire, comme expliqué précédemment, nous avons comparé les articles sur bases des compétences numériques et arithmétiques des enfants. Pour rappel, nous avons défini ces concepts comme les suivants : Litanie, dénombrement/comptage, cardinalité et arithmétique. Comme le tableau 2 l'indique, toutes les études sélectionnées parlent au moins d'une compétence adéquate avec notre question de recherche. Certains articles vont plus loin et étudient plusieurs de ces compétences. Globalement, la litanie est étudiée dans neuf études, le dénombrement dans huit études, la cardinalité dans trois études et l'arithmétique dans 22 études. Par conséquent, l'arithmétique est la compétence la plus représentée dans notre échantillon d'études sélectionnées, tandis que la cardinalité est la compétence la moins représentée.

Dans une volonté d'avoir une comparaison la plus pertinente et juste possible, les types de tâches ont aussi été relevés (Tableau 2). Cette notion permettra de pousser la comparaison plus loin que simplement juger les compétences étudiées, en permettant de comparer en plus, les tâches qui ont été utilisées pour étudier ces compétences. La totalité de ces tâches mesure bien les compétences prédéfinies. Il y a une certaine homogénéité présente entre ces différentes tâches avec quelques exceptions près. Par exemple, le comptage arrière et avant (« Backward and forward counting »), les calculs écrits/mentaux ainsi que la comparaison des nombres apparaissent très souvent dans les différentes études. Tandis que le jugement de numérosité, la production de la chaîne numérique verbale ou bien encore l'attention exacte à la quantité d'un ensemble d'objets (subitizing) sont des tâches peu représentées.

Finalement, d'autres compétences étudiées dans les papiers ont aussi été relevées mais ne figurent pas dans les tableaux finaux car elles n'ont pas été utilisées pour l'analyse des résultats. Ces compétences varient entre d'autres concepts mathématiques et numériques (e.g. la magnitude, la géométrie, etc.) et d'autres concepts plus généraux (e.g. sens spatial, habilités cognitives, les compétences motrices ou encore les fonctions exécutives).

Tableau 2 : Tableau d'extraction des compétences numériques et mathématiques et des tâches utilisées dans les études

Étude	Litanie	Dénombrement	Cardinalité	Arithmétique	Type de tâche
Guarini et al., 2021	O	O	N	O	Comptage arrière, calcul écrit et mental, jugement de numérosité
Adrian et al., 2020	O	O	N	O	Comptage verbal, comptage d'objet verbal, calcul
Keller-Margulis & Dempsey, 2020	O	O	N	N	Comptage oral, comptage et correspondance 1 à 1
Guarini et al., 2019	N	O	N	O	Comptage du temps, calcul écrit et mental, jugement de numérosité
Korpipaa et al., 2019	O	N	N	O	Comptage avant et arrière, addition et soustraction
Taylor et al., 2018	N	N	N	O	Calcul
Hannula-Sormunen et al., 2017	O	O	O	O	Comptage d'objet, production de la chaîne verbal, comptage avant et arrière, comptage d'objets désordonnés, attention exacte à la quantité d'un set d'objet
Akshoomoff et al., 2017	N	N	N	O	Calcul écrit et opérations basiques en mathématiques
Alanko et al., 2017	O	N	N	O	Comptage avant et arrière, addition et soustraction
Lee et al., 2017	O	O	N	O	Comptage (général), opération
Shah et al., 2016	N	N	N	O	Comptage d'opérations numériques
Taylor et al., 2016	N	N	N	O	Calculs mathématiques
Thevenot et al., 2016	O	O	O	N	Production chaîne numérique verbale, épreuve de comptage (donne-moi N), déterminer le cardinal d'une collection (2-4-5-7-12)
Tatsuoka et al., 2016	N	N	O	O	Reconnaissance des quantités (<4), comptage de quantité, addition et soustraction

Guarini et al., 2014	O	N	N	N	Comptage avant et arrière, "What come next/before X", récitation chaine numérique verbale
Aarnoudse-Moens et al., 2011	N	O	N	O	Utilisation et comptage d'argent, addition, soustraction, multiplication et division
Espy et al., 2009	N	N	N	O	Calcul (opération mathématique avec difficultés va- riables)
Pritchard et al., 2009	N	N	N	O	Addition et soustraction écrite (Rapidité et précision)
Wocaldo & Rieger, 2008	N	N	N	O	Comparaison de nombre, calcul
Litt et al., 2005	N	N	N	O	Calcul
Anderson et al., 2003	N	N	N	O	Calcul (Arithmétique en général)
McGrath & Sullivan, 2002	N	N	N	O	Calcul (Arithmétique en général)
Taylor et al., 2002	N	N	N	O	Calcul
Breslau et al., 2001	N	N	N	O	Calcul (Arithmétique en général)
Taylor et al., 2000	N	N	N	O	Calcul
Total	9/25	8/25	3/25	22/25	

3. Risque de biais dans les études

Après lecture et extraction des données, les 25 études ont été soumises à la passation de la checklist JBI (Checklist for analytical cross sectional studies, JBI 2020) afin d'évaluer la conformité et la qualité des différents papiers.

Selon le barème de cotation des références cité dans la partie « méthodologie » de ce mémoire, les scores obtenus peuvent être classés et jugés. Les résultats de cette cotation sont disponibles dans le tableau 3 (annexe 4) dans la colonne « Qualité ». Un total de 16 signifie que l'étude peut être considérée comme « très bonne » et limitant le plus possible les potentiels biais liés à la méthodologie. Un score entre 12 et 15 signifie que l'étude peut être considérée comme « bonne » avec des biais qui peuvent être possible mais de manière réduite. Un score entre 8 et 11 signifie que l'étude peut être considérée comme « moyenne » avec une certaine probabilité de présence de biais, d'imprécision. Tout score en dessous de 8 signifie que l'étude doit être considérée comme « faible » avec une forte probabilité d'avoir des biais et imprécision, tout en étant aussi peu fiable.

Selon ces caractéristiques, 20 articles sont dans la catégorie « très bon » en présentant un score de 16 qui signifie donc que tous les critères sont respectés et que le papier est de qualité et permet une bonne reproductibilité (Guarini et al., 2021 ; Adrian et al., 2020 ; Guarini et al., 2019 ; Korpipaa et al., 2019 ; Taylor et al., 2018 ; Hannula-Sormunen et al., 2017 ; Akshoomoff et al., 2017 ; Alanko et al., 2017 ; Lee et al., 2017 ; Shah et al., 2016 ; Taylor et al., 2016 ; Tatsuoka et al., 2016 ; Guarini et al., 2014 ; Aarnoudse-Moens et al., 2011 ; Espy et al., 2009 ; Wocaldo & Rieger, 2008 ; Litt et al., 2005 ; Anderson et al., 2003 ; Breslau et al., 2001 ; Taylor et al., 2000). Ensuite, 4 articles sont considérés comme « bon » avec des scores entre 13 et 15 (Keller-Margulis & Dempsey, 2020 ; Pritchard et al., 2009 ; McGrath & Sullivan, 2002 ; Taylor et al., 2002). Et finalement, un seul article est classé dans la catégorie « moyenne » avec un score de 11 (Thevenot et al., 2016). En outre, aucun article ne se situe sous la côte de 8 et par conséquent, il n'y a pas d'article présentant un niveau faible dans sa méthodologie.

Parmi ces études qui présentent des scores inférieurs au maximum possible, voici les items qui semblent être plus « souvent » que d'autres non cités/respectés : le point 8, la description des techniques statistiques dans la partie méthodologie (4) ; le point 6, l'explication des stratégies utilisées pour faire face aux covariable(s)(3) et finalement le point 5, l'identification de(s) covariable(s) (1). Il est intéressant de souligner que pour les descriptions des techniques

statistiques dans les parties méthodologie de chaque article, la cotation, si elle n'était pas « Yes », était coté « Unclear ». Par conséquent, ces descriptions étaient présentes mais pas de manière claire et précise dans les différents papiers.

D'un autre point de vue, il est pertinent de dire que dans toutes les études sélectionnées les autres points ont toujours été respectés : Explication des critères d'inclusion et d'exclusion, description des sujets et du setting de l'étude, évaluation des méthodes d'évaluation et de la pertinence de leur sélection, évaluation des conditions de caractérisation et définition de la population.

En résumé, parmi les 25 études sélectionnées, la qualité de la méthodologie et la pertinence des statistiques utilisées est en moyenne bonne, voire très bonne, avec seulement une seule référence caractérisée de moyenne. Les auteurs semblent parfois oublier de citer précisément dans la méthodologie les techniques/modèles statistiques qu'ils utilisent et d'expliquer comment ils font face au(x) covariable(s).

4. Résultats de chaque étude

Pour présenter les résultats de chaque étude, ces dernières seront regroupées en deux groupes, d'une part il y aura les études qui ont montré un effet significatif et de l'autre, les études qui n'ont pas montré d'effet significatif dans leurs résultats. Parmi ces études, deux n'ont pas trouvé d'effet significatif de la prématurité sur les apprentissages numériques et arithmétiques, 22 ont montré une différence significative entre les groupes et une étude montre un effet significatif dans un modèle de prédiction. Ces résultats peuvent être retrouvés dans le tableau 3 (annexe 4) comprenant tous les résultats et statistiques des différentes études.

Dans un souci pratique et de facilité de lecture, les études seront citées dans le même ordre que celui qui se trouve dans les tableaux d'extraction (Tableau 1, 2 et 3), c'est-à-dire par ordre décroissant selon l'année de publication. Une synthèse reprenant les résultats observés regroupés pour chaque domaine mathématique (en respectant la chronologie de leur apprentissage) sera réalisée dans le dernier point de cette partie.

4.1 Études montrant un effet significatif de la prématurité

Dans l'étude de Adrian et al., (2020), on trouve des enfants âgés de 5 à 7 ans répartis dans un groupe contrôle et un groupe dit « prématuré » si les enfants ont un âge gestationnel qui se situe entre 24 et 32 semaines. Ces enfants ont été évalués pour les apprentissages numériques et arithmétiques suivants au niveau « Kindergarten » : Litanie, comptage et arithmétique. Les tâches utilisées dans les deux groupes sont le comptage verbal, le comptage d'objet verbal et le calcul. Les résultats semblent indiquer que les différences entre les deux groupes tendent à se réduire avec l'âge pour les « number skill » mais semblent augmenter pour l'arithmétique. Ils indiquent aussi que les scores moyens dans les tâches numériques et arithmétiques sont plus bas que les scores des enfants du groupe contrôle. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages numériques et arithmétiques.

Dans l'étude de Keller-Margulis & Dempsey, (2020), on trouve des enfants âgés de 3 et 5 ans, tous nés avant 31 semaines de gestation. Ces enfants ont été testés au niveau « Preschool » pour les apprentissages numériques et arithmétiques suivants : Litanie et comptage. Ils ont été testés avec l'utilisation du comptage oral, du comptage de manière générale et de correspondance 1 à 1. Selon les résultats, les enfants prématurés présenteraient des résultats inférieurs à la moyenne dans 70 à 95 % des cas avec un âge fonctionnel inférieur à leur âge chronologique. Il y aurait un effet significatif de la prématurité sur les bases mathématiques (« Early numeracy »).

Dans l'étude de Guarini et al., (2019), les enfants sélectionnés sont âgés de 10 ans et sont répartis en deux groupes, un contrôle et un dit « prématuré » si les enfants ont un âge gestationnel inférieur à 32 semaines. Ils ont été évalués en « Primary school » sur les apprentissages numériques et arithmétiques suivants : le comptage et l'arithmétique à l'aide de l'utilisation du comptage du temps, des calculs écrits et mentaux et des jugements de numérosités. Selon les résultats, pour l'ensemble de ces tâches et compétences, les enfants prématurés présenteraient des compétences moins avancées que les enfants nés à terme. Il semble y avoir un effet significatif de la prématurité sur ces apprentissages.

Dans l'étude de Korpipaa et al., (2019), on trouve des enfants âgés de 0 et 7 ans répartis dans deux groupes, un avec les enfants nés à terme et un autre qui regroupe tous les enfants présentant un âge gestationnel inférieur à 32 semaines. Ils ont été testés en « Elementary school » pour les apprentissages numériques et arithmétiques suivants : Litanie et arithmétique. De plus, les tâches utilisées sont le comptage avant et arrière ainsi que l'addition et la soustraction. Selon

les résultats, la prématurité semble être corrélée négativement avec l'arithmétique. Le succès dans les tâches de comptage serait lui hautement corrélé positivement avec l'arithmétique. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur l'arithmétique ainsi que sur la litanie.

Dans l'étude de Taylor et al., (2018), on trouve des enfants âgés de 5 à 7 ans répartis en deux groupes avec les enfants nés à terme d'un côté et de l'autre, tous les enfants présentant une prématurité dite « Extremely » ou bien qui présentaient un poids à la naissance très faible. Ils ont été testés au niveau « Kindergarten » pour les apprentissages arithmétiques uniquement à l'aide de l'utilisation de tâches basées sur le calcul. Selon les résultats, il y aurait une différence significative entre les enfants prématurés et les enfants avec un faible poids à la naissance comparativement aux enfants nés à terme et ce, même si les enfants avec déficience (avec un QI global faible) sont écartées. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages en arithmétique.

Dans l'étude de Hannula-Sormunen et al., (2017), des enfants de 5 ans sont répartis en deux groupes : un groupe contrôle et un groupe comprenant tous les enfants avec un âge gestationnel inférieur à 37 semaines à la naissance. Ces enfants ont été testés au niveau « Kindergarten » pour les apprentissages touchant à la litanie, le comptage, la cardinalité et l'arithmétique. Une grande quantité de tâches a été utilisée et est composée de : comptage d'objets ordonnés et désordonnés, production de la chaîne numérique verbale, comptage avant et arrière, attention exacte à la quantité d'un ensemble d'objets. Les résultats semblent montrer que le modèle proposant trois profils égaux n'est pas supporté et qu'il y aurait donc des différences. Les enfants nés prématurément seraient dans une catégorie « low mathematics » pour 61,3 % d'entre eux tandis que pour les enfants nés à terme, seulement 28,5 % seraient dans cette catégorie. De plus, seulement 38 % des enfants nés prématurément auraient des scores dans la moyenne alors que pour les enfants du groupe contrôle 71,4 % auraient des scores dans la moyenne ou supérieurs. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages liés à la litanie, le comptage, la cardinalité et l'arithmétique à l'âge de 5 ans.

Dans l'étude de Akshoomoff et al., (2017), on retrouve un échantillon d'enfant âgé de 10 ans tous nés entre 23 et 27 semaines de gestation. Ils ont été testés au niveau « Grade 5 » pour les apprentissages arithmétiques uniquement, à l'aide de tâche de calcul écrit et de tâche nécessitant l'utilisation d'opérations basiques en mathématiques. Selon les résultats, les enfants prématurés seraient plus enclins à présenter un retard scolaire. De plus, il semble y avoir une différence significative entre les résultats des prématurés et de la population générale (utilisation de tests normés). Ils présenteraient aussi plus de déficience d'apprentissage en mathématique. Il y aurait

donc un effet significatif de la prématurité sur la réussite scolaire et les apprentissages arithmétiques.

Dans l'étude de Alanko et al., (2017), des enfants âgés de 6 et 7 ans ont été répartis en deux groupes : un groupe comprenant les enfants nés à terme et un groupe regroupant tous les enfants nés avant 32 semaines de gestation. Ces enfants ont été testés au niveau « Grade 1 » pour les apprentissages numériques et arithmétiques suivants : Litanie et arithmétique. Ils ont passé des tests comprenant des tâches de comptage avant et arrière ainsi que d'addition et de soustraction. Selon les résultats, les enfants nés à terme présenteraient des résultats supérieurs hautement significatifs pour toutes les tâches administrées. De plus, les enfants étant nés avec un poids inférieur à 1000 g présenteraient des résultats inférieurs en arithmétique par rapport aux enfants de plus de 1000 g. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages se rapportant à la litanie et à l'arithmétique.

Dans l'étude de Lee et al., (2017), on trouve un très grand échantillon d'enfants âgés entre 9 mois et 4 ans répartis en trois groupes : un groupe avec tous les enfants nés à terme, un avec les enfants extrêmement prématurés (<28 semaines de gestation) et un groupe avec les enfants nés avant 37 semaines de gestation. Ces enfants ont été testés au niveau « Preschool » et « Kindergarten » pour les apprentissages concernant la litanie, le comptage et l'arithmétique à l'aide de tâches évaluant le comptage de manière générale, l'utilisation d'opération et le sens du nombre (la chaîne numérique verbale pour cette étude). Ainsi, les résultats montrent que les scores en mathématiques sont significativement inférieurs pour les deux groupes d'enfants prématurés comparativement aux enfants nés à terme. En plus de cela, les moyennes en mathématiques pour ces deux groupes sont aussi inférieures aux enfants nés à terme. Il semble donc que la prématurité a un effet significatif sur les apprentissages liés à la litanie, le comptage et l'arithmétique.

Dans l'étude de Taylor et al., (2016), on trouve des enfants qui ont été testés à 5 puis à 7 ans, avec un accent sur les tests en mathématiques à l'âge de 7 ans. Ils ont été répartis en deux groupes, un groupe contrôle et un autre avec tous les enfants nés avant 30 semaines de gestation. Ces enfants ont été testés au niveau « Grade 2 ou 3 » pour les apprentissages concernant l'arithmétique uniquement car les tests à 5 ans mesuraient les compétences préscolaires, qui ne nous intéressent pas pour ce mémoire. Selon les résultats, les enfants prématurés ont des scores en calcul plus bas que les enfants nés à terme même si les risques sociaux et le temps passé à l'école étaient pris en compte. Il semble donc qu'un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages arithmétique existe.

Dans l'étude de Thevenot et al., (2016), on trouve un échantillon très petit d'enfants avec une moyenne d'âge de 5 ans. Ils ont été répartis en deux groupes : un qui comporte tous les enfants nés à terme et un second comprenant les enfants présentant une naissance entre 28 et 32 semaines de gestation. Ces enfants ont été testés au niveau « Grande section de maternelle » pour les apprentissages concernant la litanie, le comptage et la cardinalité à l'aide de tâche de production de chaîne numérique verbale, d'épreuve de comptage de type « Give- N » et des tâches qui demandent aux enfants de déterminer le cardinal d'une collection. Selon les résultats, il y aurait une différence de groupe significative entre les enfants prématurés et les enfants nés à terme pour les compétences liées à la chaîne numérique verbale orale et pour le dénombrement mais pas de différence pour la cardinalité. De plus, ces différences significatives deviendraient non significatives s'ils prennent en compte la vitesse de traitement. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages liés à la litanie et au dénombrement mais pas pour la cardinalité pour les enfants de 5 ans.

Dans l'étude de Tatsuoka et al., (2016), des enfants de 5 ans sont répartis dans un groupe contrôle avec les enfants nés à terme et un autre regroupant des enfants extrêmement prématurés afin de les évaluer au niveau « Kindergarten » pour les apprentissages liés à la cardinalité et l'arithmétique. La reconnaissance de quantité inférieure à 4, le comptage de quantité ainsi que l'utilisation de l'addition et de la soustraction ont été utilisés pour mesurer ces apprentissages. Ainsi, il semblerait que les enfants prématurés ont une probabilité plus basse de maîtriser les compétences numériques que les enfants nés à terme. En outre, la moyenne des compétences des enfants prématurés est aussi plus souvent basse que celle des enfants nés à terme. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur l'apprentissage de la cardinalité et de l'arithmétique.

L'étude de Guarini et al., (2014), évalue des enfants testés à 6 et puis 8 ans répartis dans un groupe contrôle et un groupe comprenant tous les enfants nés avant 33 semaines de gestation. Ils ont été testés au niveau « Primary school » pour les apprentissages de la litanie uniquement avec l'utilisation du comptage avant et arrière, de la tâche « What comes next/before X » et la récitation de la chaîne numérique verbale. Les résultats semblent montrer que pour toutes les tâches à l'âge de 6 ans, les enfants prématurés performant moins bien que les enfants nés à terme. Cependant, à 8 ans, aucune différence significative n'a été trouvée. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur l'apprentissage de la litanie mais seulement jusqu'à 6 ans. L'effet significatif semble s'estomper à 8 ans.

Dans l'étude de Aarnoudse-Moens et al., (2011), l'échantillon est composé d'enfants âgés de 4 à 12 ans qui sont répartis dans un groupe contrôle et un groupe avec les enfants nés avant 30 semaines de gestation. Ils ont été testés au niveau « Preschool » et « Primary » pour les apprentissages concernant le comptage et l'arithmétique à l'aide des tâches d'utilisation et de comptage d'argent, d'addition et de soustraction et aussi de multiplication et de division. Selon les résultats, les enfants prématurés semblent avoir des scores inférieurs au groupe contrôle au niveau préscolaire et primaire. Si le QI est contrôlé, les effets semblent rester significatifs. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages du comptage et de l'arithmétique au niveau préscolaire et primaire.

L'étude de Espy et al., (2009), utilise un modèle appelé « Growth mixture model » pour évaluer des enfants de 7 ans et puis entre 10 et 16 ans. Les enfants sélectionnés sont des enfants nés à terme et des enfants nés avant 37 semaines de gestation, répartis dans deux groupes respectivement. Ils ont été testés au niveau « Early school age » et « Elementary school » pour les apprentissages concernant l'arithmétique uniquement. Les résultats semblent indiquer que pour les enfants prématurés plus ils avancent dans la catégorie « âge » (plus ils vieillissent) plus leurs scores seront faibles pour les calculs (croissance linéaire négative). Il y aurait donc un effet significatif qui augmente avec l'âge de la prématurité sur les apprentissages arithmétiques chez les enfants de 10 à 16 ans.

Dans l'étude de Pritchard et al., (2009), des enfants de 6 ans ont été répartis dans un groupe contrôle et un second comprenant les enfants nés avant 33 semaines de gestation. Ces enfants ont été testés à des niveaux scolaires différents « Junior 2 » et « Primers 3 & 4 » pour les compétences concernant l'arithmétique uniquement. Les tâches proposées reposaient sur des additions et des soustractions avec une évaluation sur leur rapidité et leur précision. Ainsi, les enfants prématurés sembleraient avoir des scores inférieurs à ceux des enfants nés à terme et ce, même si l'on retire les enfants avec problèmes neurodéveloppementaux des échantillons. De plus, ces résultats sembleraient se maintenir en prenant en compte le contexte socio-économique des différents enfants. Les enfants prématurés seraient aussi jugés comme ayant des performances moins bonnes 2 à 3 fois plus souvent par leurs professeurs. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages liés à l'arithmétique.

Dans l'étude de Wocaldo & Rieger, (2008), on trouve des enfants de 8 ans répartis dans un groupe contrôle et un groupe avec les enfants prématurés nés avant 30 semaines de gestation. Ces enfants ont été évalués au niveau « Early school year » avec des tâches de comparaison de nombre et de calcul concernant l'apprentissage de l'arithmétique. Les résultats semblent

montrer que 31,3 % des enfants prématurés présentent un DCD¹² (developmental coordination disorder) car leur score est inférieur au 15^e percentile. De plus, 40,6 % des enfants prématurés auraient une moins bonne réussite en arithmétique que les enfants nés à terme. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages liés à l'arithmétique.

Dans l'étude de Litt et al., (2005), des enfants de 11 ans ont été sélectionnés et répartis dans un groupe contrôle et dans deux groupes concernant le poids à la naissance : un groupe entre 750 et 1499 g et un groupe pour les enfants en dessous de 750 g. Les tests concernant les apprentissages arithmétiques ont été réalisés au niveau « Elementary school » à l'aide de tâche basée principalement sur le calcul. Selon les résultats, avec le QI contrôlé, les enfants présentant un poids inférieur à 750 g à la naissance accomplissent de moins bons résultats et auraient plus de LD¹³ (learning disability) que le groupe contrôle et celui avec les enfants entre 750 et 1499 g. Il n'y aurait pas de différence entre les enfants entre 750 et 1499 g et les enfants nés à terme. Il y aurait donc un effet significatif du poids à la naissance pour les enfants avec un poids à la naissance inférieur à 750 g concernant les apprentissages arithmétiques.

Dans l'étude de Anderson et al., (2003), des enfants de 8 ans ont été répartis dans deux groupes en fonction de leur statut à la naissance : il y a un groupe contrôle avec tous les enfants nés à terme et un groupe comprenant tous les enfants nés avant 28 semaines de gestation ou bien qui présentaient un poids à la naissance inférieur à 1000 g. Ils ont été testés au niveau « Early school years » pour l'arithmétique uniquement à l'aide de test se basant essentiellement sur des calculs. Selon les résultats, même avec un QI pris en compte, les enfants prématurés (faible poids à la naissance et les enfants nés avant 28 semaines de gestation) semblent présenter des scores inférieurs aux enfants nés à terme. Il semblerait que ces enfants progressent aussi moins vite que les enfants nés à terme au niveau scolaire. Il y aurait donc un effet significatif de la prématurité et d'un faible poids à la naissance sur les apprentissages en arithmétiques.

L'étude de McGrath & Sullivan, (2002), évalue des enfants de 8 ans séparés en 4 groupes : Un groupe contrôle, un groupe avec les enfants présentant un poids à la naissance entre 1500 et 2499 g (LBW¹⁴), un groupe avec les enfants entre 1000 et 1499 g (VLBW) et finalement un dernier groupe avec les enfants présentant un poids à la naissance inférieur à 1000 g (ELBW). Ils ont été testés au niveau « Early school years » pour l'arithmétique uniquement à l'aide de tâche se basant sur l'arithmétique en général. Les résultats semblent indiquer que le groupe

¹² Dyspraxie : lenteur, imprécision et retard dans les mouvements

¹³ Déficience d'apprentissage : difficulté(s) d'apprentissage dans des domaines précis

¹⁴ Low Birth Weight : faible poids à la naissance

contrôle à une moyenne en mathématique supérieure aux trois autres groupes (LBW, VLBW et ELBW). Il semblerait que la seule différence significative dans cette étude soit au niveau de l'arithmétique. Il y aurait donc un effet significatif d'un faible poids à la naissance (fortement corrélé à la prématurité) sur les apprentissages arithmétiques.

Dans l'étude de Taylor et al., (2002), des enfants âgés en moyenne de 11 ans sont répartis en 3 groupes : un groupe contrôle avec les enfants nés à terme, un groupe avec les enfants présentant un poids à la naissance inférieur à 750 g et un dernier groupe avec les enfants entre 750 et 1499 g. Ils ont été testés au niveau « Elementary school » pour l'arithmétique uniquement à l'aide de test mesurant les capacités en calcul principalement. Selon les résultats, il y aurait une différence de groupe pour tous les tests effectués. Cependant, le groupe des enfants avec un poids à la naissance inférieur à 750 g semble présenter des scores inférieurs aux deux autres groupes. Tandis que le groupe des enfants entre 750 et 1499 ne présenterait pas de différence significative avec le groupe contrôle. De plus, il y aurait une covariance entre le QI et les résultats en arithmétique. Il y aurait donc un effet significatif d'un faible poids à la naissance sur les apprentissages arithmétiques mais seulement pour les enfants avec un poids à la naissance inférieur à 750 g (Poids à la naissance extrêmement faible).

L'étude de Breslau et al., (2001), évalue les apprentissages arithmétiques uniquement des enfants âgés de 11 ans (les mesures à 6 ans ne concernant pas les mathématiques, sont mises de côté) à l'aide de tâche reposant sur le calcul (l'arithmétique en général). Ces enfants ont été répartis selon le statut de naissance : d'un côté, il y a les enfants nés à terme et d'un autre, tous les enfants présentant un poids à la naissance inférieur à 1500 g (VLBW) et en dernier lieu, un groupe avec les enfants présentant un poids à la naissance entre 1500 et 2500 g (LBW). Selon les résultats, les enfants nés avec un faible poids à la naissance, les deux groupes, ont en moyenne des scores moins bons que ceux des enfants nés à terme. Cependant, à 6 ans, en contrôlant les compétences cognitives, les résultats significatifs ne restent présents qu'entre le groupe VLBW et les enfants nés à terme. Il y aurait donc un effet significatif d'un faible poids à la naissance sur l'apprentissage de l'arithmétique chez les VLBW et LBW, mais en contrôlant les compétences cognitives, seuls les VLBW présentent encore un effet significatif sur les apprentissages.

Finalement, dans l'étude de Taylor et al., (2000), des enfants au niveau « Middle school » à l'âge de 11 ans, ont été répartis dans un groupe d'enfants nés à terme, un groupe d'enfants avec un poids à la naissance inférieur à 750 g et un troisième groupe avec les enfants présentant un poids à la naissance qui se situe entre 750 et 1499 g. Ils ont été testés au niveau de l'arithmétique

avec des compétences basées sur les calculs principalement. Ainsi, il semblerait que la variance groupe soit un effet principal sur les compétences arithmétiques. Les résultats seraient moins favorables au groupe avec les enfants en dessous de 750 g que pour les autres. Cependant, le groupe des enfants entre 750 et 1499g montre quand même des performances inférieures aux enfants nés à terme. Avec un contrôle du QI, cet effet principal semble se maintenir. Il y aurait donc un effet significatif d'un faible poids à la naissance sur les apprentissages arithmétiques.

4.2 Études ne montrant pas un effet significatif de la prématurité

L'étude de Guarini et al., (2021), évalue des enfants âgés de 9 à 11 ans et qui sont répartis dans deux groupes : un groupe dit « contrôle » avec les enfants nés à terme et un groupe regroupant les enfants nés avant 32 semaines de gestation. Ils ont été testés au niveau « Elementary school » pour les apprentissages liés à la litanie, le comptage et l'arithmétique à l'aide de tâche se basant sur le comptage arrière, les calculs écrits et mentaux et sur le jugement de numérosité. Selon les résultats, les enfants nés prématurément sembleraient présenter des scores similaires en calcul écrit à ceux des enfants nés à terme. De plus, ces deux groupes sembleraient présenter des résultats en calcul écrit supérieurs à des enfants SLD (specific learning disability). Il semblerait y avoir une différence entre les enfants nés prématurément et les enfants nés à terme uniquement pour la catégorie « Number Knowledge » qui regroupe des tâches de jugement de numérosité, de transcodage et de classement de nombre. Sachant que seule la tâche de jugement de numérosité nous intéresse dans ce mémoire, nous n'accordons pas de crédit à cette différence car elle est englobée avec d'autres tâches qui ne nous concernent pas. Par conséquent, il n'y aurait pas d'effet significatif entre la prématurité et les apprentissages de la litanie et de l'arithmétique (avec le comptage mis de côté à cause du regroupement des tâches).

Dans l'étude de Shah et al., (2016), des enfants ont été testés à plusieurs reprises entre 9 et 24 mois et ensuite au niveau « Kindergarten ». Ils sont répartis en trois groupes distincts : un groupe avec les enfants nés à terme (groupe contrôle), un groupe avec les enfants nés entre 34 et 36 semaines de gestation et finalement un groupe avec les enfants nés entre 37 et 38 semaines de gestation. Ces enfants ont été testés pour les apprentissages liés à l'arithmétique uniquement à l'aide de tâche se basant sur le comptage d'opérations numériques (calculs). Les résultats semblent montrer qu'il n'y a pas de différence en comptage d'opérations numériques entre les

trois groupes au niveau « Kindergarten ». Il n'y aurait donc pas d'effet significatif de la prématurité sur les apprentissages arithmétiques chez les enfants en âge de suivre le niveau scolaire « Kindergarten ».

5. Synthèse des résultats

En combinant les résultats trouvés dans les différentes études avec la partie théorique sur les apprentissages numériques et arithmétiques, nous pouvons suivre un plan chronologique de ces derniers. Par conséquent, cette synthèse des résultats abordera la litanie, ensuite le dénombrement puis la cardinalité et finalement les derniers apprentissages concernant l'arithmétique.

Ainsi, au vu des différents résultats, il semblerait que la prématurité ait un effet significatif sur l'apprentissage de la litanie. Huit études semblent montrer que les enfants nés prématurément ont des performances moins bonnes que les enfants nés à terme pour toutes les tâches se basant sur la chaîne numérique verbale. Nous savons que cette dernière s'acquiert chez tous les enfants généralement entre 2 et 8 ans. Une majeure partie des références étudiant la litanie ont des échantillons d'enfants qui se situent donc plus vers la fin de l'acquisition de cette dernière (entre 5 et 7 ans). Par conséquent, nous pouvons constater que l'acquisition et le perfectionnement de la chaîne numérique verbale pourraient être atteints chez les enfants nés de manière prématurée.

Ensuite, nous savons que pendant l'acquisition de la litanie, les enfants acquièrent le dénombrement au stade que nous appelons « Chaîne insécable », généralement vers 3-4 ans. Les résultats à cet âge-là et même plus tard, semblent montrer que cette notion de dénombrement est altérée aussi avec notamment 7 études prônant la possibilité d'un effet significatif contre aucune prônant qu'il n'y aurait pas d'effet significatif.

Nous savons ensuite que la cardinalité est apprise en parallèle des deux autres apprentissages avec les différents stades de « Cardinal knower », avec un apprentissage débutant vers 2 ans. À ce stade, les résultats sur l'apprentissage de la cardinalité sont à prendre avec du recul. En effet, parmi les 25 articles, il n'y a que trois articles qui abordent la cardinalité et la possibilité d'un effet significatif de la prématurité sur cette dernière. Il semblerait donc que la cardinalité soit aussi altérée comme les deux autres apprentissages. Cependant, au vu du nombre très restreint d'études qui l'investiguent, cette conclusion ne peut pas être prise comme fondée et empirique. Nous pouvons tout de même dire que l'apprentissage de la cardinalité semble être touché aussi dans les trois échantillons différents proposés par les différents auteurs.

Finalement, l'arithmétique a longuement été étudiée parmi les références finales. En effet, elle est abordée dans 22 références sur 25 au total. Un premier constat peut être rédigé ici : l'arithmétique est l'apprentissage le plus étudié à l'heure actuelle dans la littérature concernant la prématurité et les mathématiques. Ensuite, nous savons que l'arithmétique s'acquiert après la litanie, le dénombrement et la cardinalité, qui pour rappel sont des bases nécessaires à l'apprentissage de l'arithmétique. Avec cette constatation relevée, il est par conséquent logique de penser que si les trois bases sont altérées, il est logique que l'arithmétique soit touchée aussi. Et effectivement, parmi les 22 références, 20 d'entre elles semblent montrer un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages arithmétiques. Par conséquent, il semblerait que les enfants nés prématurément présentent plus de difficultés que les enfants nés à terme dans les tâches en arithmétique.

En conclusion, il semblerait que les quatre différents apprentissages qui nous intéressent dans ce mémoire soient altérés par la caractéristique « Enfant né prématurément ». Il y aurait donc un effet significatif négatif de la prématurité d'un enfant sur ses futurs apprentissages dans le domaine des mathématiques. Il est tout de même intéressant de souligner le fait que l'échantillon d'étude est relativement petit ($n=25$) et qu'une étude ne prouve jamais entièrement un effet. Cependant, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'au vu des différents résultats, il semblerait que la prématurité touche globalement les apprentissages mathématiques des enfants âgés de 0 à 12 ans.

Partie 4 : Discussion

1. Résumé des différentes étapes

Maintenant que toutes les étapes de la revue de littérature ont été réalisées et documentées, elles vont être repassées en revue et résumées afin d'avoir une vision globale et de percevoir le fil conducteur de ce travail.

Au départ, une question de recherche a été élaborée sur un sujet qui est en plein essor au niveau scientifique. Il y a des enjeux réels sur ce domaine de recherche car la population ciblée est en pleine croissance et les enseignements scolaires à l'heure actuelle sont importants pour tous les enfants du globe. Par conséquent, nous avons choisi de prendre comme question de recherche ceci : **quel est le profil d'apprentissage numérique et arithmétique (chaîne numérique verbale, dénombrement, cardinalité et opérations arithmétiques) des enfants nés prématurément âgés de 0 à 12 ans en comparaison aux enfants nés à terme ?**

Ensuite, après l'élaboration de notre question de recherche, nous avons parcouru la littérature scientifique afin de nous documenter sur nos deux thématiques principales : l'apprentissage des nombres en général et la prématurité. Nous avons donc établi un profil dit « typique » concernant les apprentissages numériques chez les enfants tout-venant pour ensuite établir sommairement un profil qui pourrait être dit « atypique » tout en relevant le fait que beaucoup d'enfants, avec des symptômes et déficiences différents, présentent ce profil atypique. Nous avons ensuite investigué la prématurité afin de la définir et d'établir plusieurs points essentiels : les critères de classification, la prévalence et les statistiques ainsi que toutes les difficultés présentent dans cette population (générales, motrices, spécifiques et consécutives).

Une fois que les thématiques clés sont définies, l'élaboration de la méthodologie a pu prendre place. Dans cette partie, les termes et descripteurs définissant nos thématiques de recherche ont été longuement réfléchis avant d'être sélectionnés. Ensuite, les critères d'inclusions et d'exclusions ainsi que les bases de données ont été choisis et appliqués pour réaliser notre stratégie de recherche avant la sélection des articles.

Finalement, les références retenues ont été lues et analysées afin d'extraire les données importantes et utiles à notre recherche (Tableau 1, 2 et 3). Ces données constituent nos résultats que nous allons approfondir maintenant.

2. Synthèse des résultats

Pour répondre à notre question de recherche, il semblerait que la quasi-totalité des références sélectionnées pour ce mémoire (23 études sur 25, 92 %) montrerait un effet significatif d'une naissance prématurée et/ou d'un faible poids à la naissance sur tous les apprentissages numériques et arithmétiques retenus pour notre question de recherche. Mais quelles sont nos connaissances sur les conséquences de la prématurité sur les différents apprentissages numériques et arithmétiques ?

2.1 Conséquences de la prématurité sur la litanie

Concernant l'apprentissage de la litanie, les études semblent montrer que la prématurité joue un rôle dans les différences entre les enfants prématurés et les enfants tout-venant (Adrian et al., 2020 ; Keller-Margulis & Dempsey, 2020 ; Korpipaa et al., 2019 ; Hannula-Sormunun et al., 2017 ; Alanko et al., 2017 ; Lee et al., 2017 ; Thevenot et al., 2016 ; Guarini et al., 2014). Les enfants prématurés présenteraient des scores inférieurs aux enfants tout-venant dans les tâches de comptage avant et arrière, dans la production de la chaîne numérique verbale ou bien dans les tâches « What come next/before X ».

Une grande partie de ces études ont testé la maîtrise de la litanie sur des enfants de 3 à 8 ans avec un accent sur les enfants de 5 ans. Il semblerait donc que les difficultés en litanie se maintiennent dans cette tranche d'âge. Cependant, des nuances peuvent être apportées, selon l'étude récente de Guarini, les enfants prématurés de 11 ans ne présenteraient pas de différence significative par rapport aux enfants tout venant à propos de la maîtrise de la litanie (Guarini et al., 2021). Cette étude pourrait indiquer que les différences concernant la litanie se réduisent avec l'âge chez les prématurés avec pour finir des compétences moins altérées (au vu des résultats ne semblant montrer aucune différence significative). Cette hypothèse est revenue dans

deux autres de nos références et pourrait donc être une piste d'étude et de réflexion (Guarini et al., 2014 ; Adrian et al., 2020).

En outre, il semblerait que ces différences soient observées dans les 4 différents stades de prématurité (tardive, modérée, grande et extrême). Les références étudient des prématurés présentant un échantillon se situant entre 24 et 37 semaines de gestation. Les difficultés concernant la litanie ne seraient donc pas spécifiques à un type de prématurité.

Finalement, des facteurs explicatifs ont été proposés par les différents auteurs. Selon Guarini et al. (2014) ces difficultés pourraient être expliquées par des déficiences en fonctions exécutives dont l'attention et par une vitesse de traitement plus faible que chez les enfants nés à terme. Hannula-Sormunen et al. (2017) complètent ce facteur explicatif en y ajoutant la dimension verbale, pour eux il y aurait une faiblesse dans la vitesse de traitement verbale et dans la mémoire de travail visuospatiale. Adrian et al. (2020) proposent comme explication un délai dans la maturation de certaines structures du cerveau et des difficultés pour la conscience phonologique (phonological awareness). En dernier point, Thevenot dans son étude propose que les difficultés viennent d'un problème de maîtrise du système symbolique verbal ou bien d'un déficit de traitement numérique au niveau non-symbolique (Thevenot et al., 2016).

2.2 Conséquences de la prématurité sur le dénombrement

Concernant l'apprentissage du dénombrement, les études semblent montrer aussi que la prématurité joue un rôle dans les scores et donc il y a des différences entre les enfants nés prématurément et les enfants tout venant (Adrian et al., 2020 ; Keller-Margulis & Dempsey, 2020 ; Guarini et al., 2019 ; Hannula-Sormunen et al., 2017 ; Lee et al., 2017 ; Thevenot et al., 2016 ; Guarini et al., 2014 ; Aarnoudse-Moens et al., 2011). Les enfants prématurés présenteraient des scores inférieurs aux enfants tout venant dans les tâches de comptage d'objet verbal, de comptage du temps ou de l'argent, de comptage d'objets ordonnés et désordonnés ou bien de comptage de manière générale.

Les études sont composées d'enfants âgés de 3 à 10 ans au maximum avec un accent encore une fois mis sur les enfants de 5 ans, abordés dans cinq études sur sept. Les différentes études semblent donc montrer que les difficultés se maintiennent entre 3 et 10 ans mais nous n'avons aucune donnée pour évaluer si ce processus s'estompe après 10 ans.

Comme pour la litanie, les 4 différents types de prématurité semblent être aussi touchés concernant les apprentissages en dénombrement. L'âge gestationnel à la naissance varie entre 24 et 37 semaines pour les échantillons. Il n'y aurait donc pas de lien précis entre les difficultés en dénombrement et un type de prématurité, tous les groupes sont touchés par ces dernières.

Finalement, les facteurs explicatifs proposés pour le dénombrement sont identiques à ceux que nous avons cités pour la litanie. En effet, les études qui proposent des facteurs explicatifs pour le dénombrement sont les mêmes que celles qui en proposent pour la litanie. Les auteurs ont regroupé dans leur discussion ces deux concepts et proposent ainsi des facteurs explicatifs aux deux compétences en même temps.

2.3 Conséquences possibles de la prématurité sur la cardinalité

Les analyses concernant la cardinalité et un potentiel lien avec la prématurité montrent que très peu d'articles abordent cette notion de cardinalité. Pour rappel, seules trois références sur 25 abordent cette notion (Hannula-Sormunen et al., 2017 ; Thevenot et al., 2016 ; Tatsuoka et al., 2016). Nous pouvons cependant quand même relever les informations que ces références nous donnent, tout en les prenant avec précaution au vu de la faible représentativité.

Parmi ces trois études, deux semblent montrer que la prématurité jouerait un rôle dans les différences de performances et de scores présentes entre les enfants prématurés et les enfants tout venant. Dans les tâches d'attention exacte à une quantité d'un ensemble d'objets, de détermination de cardinal d'une collection et de comptage de quantité, les enfants nés prématurément sembleraient avoir plus de difficultés que les enfants nés à terme, avec entre autres, des scores significativement plus bas.

L'ensemble de ces études se basent sur des échantillons d'enfants âgés de 5 ans. Nous n'avons donc pas assez d'informations concernant l'âge pour élaborer plusieurs conclusions. Avec ces références, nous constatons que les enfants prématurés de 5 ans sembleraient avoir plus de difficulté que les enfants nés à terme pour les apprentissages concernant la cardinalité. Nous ne pouvons pas dire si cela s'estompe ou s'aggrave avec l'âge ni quand débutent ces difficultés.

Concernant le type de prématurité, deux types sont présents pour cette partie. Avec une étude parlant des prématurés au minimum tardif (Hannula-Sormunen et al., 2017) et une abordant la

prématurité extrême (Tatsuoka et al., 2016). Par conséquent, pour la cardinalité, il semblerait que la prématurité tardive et extrême soient touchées, il est probable que la modérée et grande le soient aussi mais encore une fois, il est important de souligner que la cardinalité est très peu présente et que ceci repose plus sur des hypothèses que sur des constats un peu plus concrets avec une représentativité plus élevée. Cet élément sera abordé plus précisément dans la partie suivante abordant les limites de ce mémoire.

Chacune des 3 études abordant la cardinalité proposent des facteurs explicatifs concernant les difficultés dans ces apprentissages. Deux ont déjà été cités pour la litanie et le dénombrement : une faible vitesse de traitement verbal et une faiblesse en mémoire de travail visuospatiale (Hannula-Sormunen et al., 2017) et un déficit de traitement numérique au niveau non-symbolique (Thevenot et al., 2016). La dernière propose des déficits dans les fonctions exécutives qui peuvent être associés à des anomalies cérébrales dans la zone fronto-pariétale et sous-cortical (Tatsuoka et al., 2016).

2.4 Conséquences de la prématurité sur l'arithmétique

Concernant les apprentissages arithmétiques, les études semblent montrer que la prématurité joue un rôle dans les scores et les différences entre les enfants nés prématurément et les enfants tout venant (Adrien et al., 2020 ; Guarini et al., 2019 ; Korpipaa et al., 2019 ; Taylor et al., 2018 ; Hannula-Sormunen et al., 2017 ; Akshoomoff et al., 2017 ; Alanko et al., 2017 ; Lee et al., 2017 ; Taylor et al., 2016 ; Tatsuoka et al., 2016 ; Aarnoudse-Moens et al., 2011 ; Espy et al., 2009 ; Pritchard et al., 2009 ; Wolcado & Rieger, 2008 ; Litt et al., 2005 ; Anderson et al., 2003 ; McGrath & Sullivan, 2002 ; Taylor et al., 2002 ; Breslau et al., 2001 ; Taylor et al., 2000). Pour rappel, l'arithmétique est la catégorie que l'on retrouve le plus dans les différentes références sélectionnées. Par conséquent, nous avons énormément d'informations sur l'arithmétique et l'ensemble des études nous permettent d'établir plus de constatation et d'hypothèse que pour les autres catégories. Selon ces différentes études, les enfants nés prématurément présenteraient des scores inférieurs et des difficultés dans les tâches concernant les calculs écrits et mentaux (additions, soustractions, divisions et multiplications) avec difficultés variables (stipulé clairement dans les études) entre basique pour certaines études (Akshoomoff et al., 2017) et compliquée pour d'autres (Espy et al., 2009) et modalités d'évaluations différentes comme la précision et la rapidité (Pritchard et al., 2009). Nous pouvons constater ici que l'arithmétique a été évaluée sur une quantité d'angles différents plus importante que les autres apprentissages

numériques (difficultés et modalités différentes). De plus, les difficultés présentées dans ces différentes tâches peuvent nous laisser penser que les enfants nés prématurément présenteraient des difficultés avec les concepts de direction, de succession et de bond (défini dans la partie théorique de ce mémoire) qui sont directement liés avec la litanie, le dénombrement et la cardinalité.

Par rapport aux âges présents dans ces différentes études, l'échantillon est assez vaste avec des études menées sur des enfants de 4 ans au minimum et sur des enfants de 16 ans au maximum. Pour 12 études sur 25, les enfants sont âgés de 7 et 11 ans, ce qui donne l'échantillon d'âge le plus représenté dans les études. Ceci correspond à la réalisation des premières vraies opérations arithmétiques chez les enfants. Avec cet échantillon assez vaste, nous pouvons constater que les difficultés sont présentes dès le début de l'arithmétique jusqu'à un niveau plus élevé que l'on peut constater vers 16 ans. Il n'y aurait donc pas d'effet d'estompage avec l'âge pour les apprentissages arithmétiques, les difficultés se maintiendraient tout le long du développement des enfants jusqu'à l'adolescence.

Concernant les différents types de prématurité, tous les types sont présents encore une fois (tardive, modérée, grande et extrême). L'âge gestationnel à la naissance varie entre 23 et 37 semaines de gestation (avec certains enfants étant sous la bannière « prématurité extrême » sans donner l'âge gestationnel exact). Il n'y aurait donc pas un lien précis entre les difficultés en arithmétique et un type de prématurité en particulier. Encore une fois, chaque type de prématurité semblerait être touché pour ces apprentissages. En outre, pour cette catégorie d'apprentissages, les auteurs ont aussi étudié des enfants présentant un faible poids à la naissance (LBW et VLBW), qui pour rappel, est très fortement corrélé avec une naissance prématurée. En prenant cette notion en critère principal, ces enfants sembleraient présenter les mêmes difficultés que les enfants sélectionnés uniquement sur leur âge gestationnel à la naissance.

Finalement, les auteurs ont proposé des facteurs explicatifs concernant les difficultés dans ces apprentissages arithmétiques. Tout d'abord, ils proposent des potentiels problèmes au niveau de l'attention de ces enfants nés prématurément (Akshoomof et al., 2017 ; R. Taylor et al., 2016 ; Anderson et al., 2003 ; H. G. Taylor et al., 2000). Ensuite, un problème ou des compétences faibles en mémoire de travail sont pointés du doigt par plusieurs auteurs (Akshoomof et al., 2017 ; R. Taylor et al., 2016 ; Prichard et al., 2009 ; Litt et al., 2005 ; Anderson et al., 2003). Un problème lié à la planification perceptuelle (perceptual planning) est proposé dans deux articles (Litt et al., 2005 ; H. G. Taylor et al., 2002). Une hypothèse dit que

ces difficultés pourraient être expliquées par des déficiences ou des problèmes liés aux fonctions exécutives est aussi présente dans la littérature (H.G. Taylor et al., 2018) avec des précisions concernant la flexibilité mentale (R. Taylor et al., 2016) et l'inhibition (Pritchard et al., 2009). Une faiblesse dans les compétences visuo-perceptive est aussi abordée (Breslau et al., 2001) tout comme des problèmes liés au traitement visuospatial dans les représentations numériques (Akshoomoff et al., 2017). Pour conclure, les facteurs explicatifs déjà cités dans les 3 autres compétences par Adrian et al. (2020), Hanula-Sormunen et al. (2017) et Tatsuoka et al. (2016) sont aussi applicables pour ces difficultés en arithmétique.

2.5 Autres conséquences de la prématurité chez ces enfants

Bien que ce mémoire se concentre essentiellement sur les liens entre la prématurité et les apprentissages numériques et arithmétiques, il est intéressant de noter les autres domaines et compétences qui semblent être touchés par la prématurité. Ceci pourrait permettre de faire des liens entre certaines difficultés externes à notre thème principal avec notre domaine de recherche et possiblement établir d'autres facteurs explicatifs. Cela pourrait aussi donner des pistes pour les futurs chercheurs dans ce domaine. Dans une volonté de rester synthétique, nous ne citerons pas l'entièreté des concepts étudiés que nous avons relevé tout au long de la lecture des différentes références. Par conséquent, nous allons nous attarder sur les concepts qui reviennent plusieurs fois dans les différents articles sélectionnés.

Tout d'abord, il y a logiquement les concepts qui sont liés à la lecture. Très souvent ces concepts sont étudiés en même temps que ceux se rapportant aux « mathématiques » (Guarini et al., 2019 ; Korpipaa et al., 2019, Alanko et al., 2017 ; Lee et al., 2017, Taylor et al., 2016 ; Shah et al., 2016 ; Aarnoudse-Moens et al., 2011 ; Litt et al., 2005 ; Breslau et al., 2001). Pour l'ensemble de ces études abordant la thématique de la lecture, des difficultés sont observées chez les enfants nés prématurément. Ils présenteraient dans toutes les études, des performances et des scores inférieurs aux enfants des groupes contrôles. Avec ce constat, nous pouvons penser que la prématurité ne touche pas uniquement les apprentissages numériques et arithmétiques mais aussi les apprentissages liés à la lecture. Il est par conséquent, intéressant de continuer à étudier ces deux domaines conjointement afin de mettre la lumière sur des potentiels facteurs explicatifs identiques ou supplémentaires.

Ensuite, le QI est aussi mesuré en même temps et surtout est souvent considéré comme une covariable dans les différentes études (Guarini et al., 2021 ; Guarini et al., 2019 ; Taylor et al., 2018 ; Akshoomoff et al., 2017 ; Wocaldo & Rieger, 2008 ; Taylor et al., 2000). C'est un élément qui n'est pas si fréquemment étudié dans ce genre d'étude pourtant cela semble tout à fait pertinent de savoir si les difficultés présentées par les enfants nés prématurément sont liées à un faible QI ou bien si cela est indépendant de cette variable. Par conséquent, certaines études associent le QI avec les résultats qu'ils obtiennent afin de voir si les résultats restent significatifs avec et/ou sans cette variable. Selon les différentes études qui utilisent ce procédé, il semblerait que le QI ne joue pas un rôle prépondérant dans l'apparition des difficultés d'apprentissage numérique et arithmétique chez les enfants nés prématurément, c'est-à-dire que le QI ne serait pas une cause principale de ces difficultés. Il est intéressant de noter que certains enfants nés prématurément ont un QI inférieur à ceux des enfants nés à terme mais tout en étant dans la moyenne.

Les fonctions exécutives sont aussi abordées en parallèle avec notre thématique. Ces fonctions sont clairement identifiées et étudiées dans 4 de nos références. L'inhibition semble être touchée ou présente des performances moins bonnes chez les enfants nés prématurément (Adrian et al., 2020 ; Taylor et al., 2018). La mémoire de travail a été étudiée et semble être atteinte aussi avec des performances plus faibles pour des enfants nés prématurément présentant des profils catégorisés par des compétences mathématiques faibles (Hannula-Sormunen et al., 2017). Néanmoins, pour ces deux processus, nous restons dans le domaine des hypothèses au vu du faible nombre d'études s'attardant sur ces points. En revanche, pour la fonction exécutive traitant de l'attention, deux études l'abordent mais ne présentent pas des résultats qui se confirment. Selon Guarini et al. (2019), les processus attentionnels seraient préservés avec l'absence de différence significative pour les performances des enfants nés à terme et ceux nés prématurément. Tandis que Taylor et al. (2018), obtiendraient des scores différents entre ces deux populations, avec des performances moins bonnes pour les enfants nés prématurément. Nous ne pouvons donc pas tirer de conclusion ici ni même émettre des hypothèses car trop peu d'étude s'attardent sur cette notion de processus attentionnel.

Finalement, la motricité est également mesurée dans nos études, que ce soit la motricité fine ou la motricité générale chez les enfants. Selon Lee et al. (2017), les enfants extrêmement prématurés (âge gestationnel inférieur à 28 semaines pour cette étude) présenteraient des différences significatives, avec les enfants nés à terme, pour l'évaluation de la motricité fine. Ces différences ne seraient pas présentes entre les enfants prématurés nés entre 37 et

28 semaines de gestation et les enfants du groupe contrôle. McGrath et Sullivan (2002) ajoutent à cela le fait que les enfants avec un très faible ou extrêmement faible poids à la naissance présenteraient cette même différence contrairement aux enfants avec un faible poids à la naissance. Wocaldo et Rieger (2008) trouvent pour des enfants présentant une grande et extrême prématurité que la motricité globale serait altérée aussi. Il pourrait donc y avoir un lien entre la grande et l'extrême prématurité, un poids très faible voir extrêmement faible à la naissance et la motricité fine et globale, mais la littérature a besoin d'investiguer cela plus profondément pour voir si ce lien persiste.

2.6 Conclusion de l'analyse

À la suite de l'analyse des articles que nous avons sélectionnés, nous pouvons relever différents points qui ressortent et qui constituent les connaissances actuelles concernant notre question de recherche.

Les enfants prématurés présenteraient un profil différent des enfants nés à terme pour les apprentissages liés à la litanie, au dénombrement et à l'arithmétique. Pour la cardinalité, le constat serait le même avec un profil d'apprentissage différent qui semblerait ressortir. Cependant, nous pouvons aussi constater un manque de preuve concernant la cardinalité, avec une quantité très restreinte d'articles l'abordant. De cela découle un autre bilan qui indique que les niveaux de preuve sont différents entre chaque type d'apprentissage avec l'arithmétique qui semblerait attirer plus d'intérêt que la cardinalité.

En plus d'identifier un profil d'apprentissages numériques et arithmétiques différents, les chercheurs ont aussi tenu à étudier d'autres domaines comme la lecture, le QI, les fonctions exécutives et la motricité fine et globale. Les études sembleraient souligner des difficultés pour ces enfants concernant la lecture, les fonctions exécutives (mémoire de travail et inhibition) et la motricité fine et globale. Le QI de ces enfants serait plus bas que les enfants nés à terme mais quand même dans la moyenne.

3. Limites de ce mémoire

Durant la réalisation de cette revue de littérature de type systématique, un certain nombre de difficultés et de limites sont ressorties. Ce sont des notions importantes à prendre en compte pour ce travail et nous allons les développer ci-dessous.

Pour commencer, il faut savoir que le choix de nos descripteurs ainsi que de nos thèmes principaux a limité les références obtenues. Nous ne pouvons pas prétendre avoir fait la méthodologie la plus adéquate et surtout la plus exhaustive possible car nos choix personnels de descripteurs ont eu un lien direct avec les références obtenues. Les descripteurs, le langage libre ainsi que les combinaisons de descripteurs ont pu réduire plus que prévu les références possibles. De plus, il est important de souligner que certains termes ne sont pas identiques en français et en anglais. Par exemple, le terme cardinalité qui se réfère aux mathématiques, n'existe pas en tant que tel dans la langue anglaise ou bien le terme « counting » en anglais est très vaste et englobe beaucoup de notions différentes. Nous avons dû travailler autour de ces termes afin d'obtenir des résultats les plus pertinents possibles mais nos solutions ont très probablement passé sous silence certains articles qui auraient pu rentrer dans nos analyses. Concernant nos thèmes principaux, nous n'avons pas dressé de manière exhaustive tous les apprentissages numériques dans l'enfance. En nous occupant principalement de la litanie, du dénombrement, de la cardinalité et de l'arithmétique, nous avons passé sous silence certaines notions mathématiques qui sont développées à cet âge-là (e.g. la magnitude, la compréhension des nombres arabes, le sens des nombres ou bien encore la résolution de problème). Il est donc important de souligner que nous n'avons pas dressé une liste exhaustive de toutes les difficultés possibles en lien avec les compétences numériques.

Ensuite, une autre limite peut être établie au niveau de la sélection de nos articles. Lors de la lecture du titre et de l'abstract, des articles ont été écartés car ils n'abordaient pas spécifiquement le domaine mathématique ou la prématurité. Or, cette thématique a peut-être été abordée dans certaines études sans pour autant revenir dans l'abstract ou le titre.

La limite suivante concerne le domaine mathématique en lui-même. Tout d'abord, lors de la lecture des titres et des abstracts, nous avons pu constater que ce domaine n'était pas clairement défini et identifié. Par exemple, certains articles stipulent étudiés des concepts mathématiques mais ils ne les définissent pas et écrivent simplement qu'ils ont étudié les « mathematics » ou bien encore les « number knowledge ». Ces articles ont quand même été

sélectionnés afin de voir si dans le corps du texte, ces concepts étaient plus clairement définis mais pour certains articles, ces concepts ne l'étaient pas. Ils ont par conséquent été écartés de notre étude. Ce manque de clarté sur les concepts mathématiques étudiés a réduit le nombre de références disponibles au final. À côté de cela, nous avons aussi une limite qui apparaît à cause du taux de représentation des différents apprentissages numériques et arithmétiques. Comme cela a déjà été cité auparavant, l'arithmétique est l'apprentissage le plus développé dans la lecture tandis que la cardinalité ne semble pas montrer le même intérêt. Cela montre une très claire disparité entre les différents apprentissages qui viennent directement limiter les analyses et conclusions que nous pouvons formuler. Cependant, il est important de noter que le manque de référence concernant la cardinalité ne repose pas entièrement sur un manque d'étude dans la littérature scientifique mais bien aussi sur le fait que la cardinalité est compliquée à définir, sans oublier qu'en anglais il n'existe pas réellement de terme la définissant.

L'avant-dernière limite concerne le « peer-reviewing », la notion de biais de publication et donc l'intégrité scientifique. Dans le cadre de ce mémoire, nous avons décidé de ne garder que les articles qui ont été « peer-review ». Ce choix permet d'éviter les articles non validés par les pairs, les articles erronés ou comportant des erreurs. C'est aussi un choix qui repose sur une thématique essentielle à l'heure actuelle dans la recherche : l'intégrité scientifique. En choisissant de ne travailler que sur des articles « peer-review », nous décidons de supprimer tout article qui pourrait véhiculer des méconduites scientifiques. Il est essentiel de ne pas partager des articles qui vont à l'encontre de l'éthique scientifique. Même si cela n'est pas suffisant, il est important que chacun travaille à son échelle pour améliorer l'intégrité scientifique. En outre, l'inclusion d'articles qui ne sont pas des « peer-review » pourrait modifier les conclusions obtenues. En deuxième point, nous avons la notion de biais de publication qui est étroitement liée avec la notion d'intégrité. Le biais de publication peut être défini par le fait qu'une étude montrant un effet significatif a plus de chance d'être publiée qu'une étude qui montre un effet non significatif (Laroche, 2007). Par conséquent, il est beaucoup plus probable de trouver dans la littérature scientifique des articles qui montrent des effets significatifs. Les conclusions que l'on peut donc tirer des références obtenues peuvent être erronées du à ce biais qui favorise les études trouvant un effet significatif.

Finalement, le choix de la checklist JBI apporte quelques limites qui doivent être énoncées. Tout d'abord, cette checklist se base plus sur une démarche médicale qui étudie deux groupes dont un seul des deux va subir une intervention comme un vaccin. Dans notre cas, nous étudions deux groupes avec un des deux qui possède une caractéristique supplémentaire (la prématurité).

Par conséquent, le point de cette liste qui examine si les mesures de l'exposition sont fiables et valides a été interprété différemment afin que cette dernière corresponde aux critères de la prématurité. Dès lors, il serait intéressant de voir l'utilisation de cette grille par d'autres chercheurs afin de savoir si les analyses de la qualité et de la fiabilité seraient identiques. Si des écarts sont constatés, la création d'une checklist d'analyse concernant spécifiquement le type d'étude relevé dans ce mémoire peut être une solution pertinente.

4. Futur et perspectives de ces recherches

En réalisant ce mémoire, nous avons pu nous rendre compte des manquements présents dans les différentes études ainsi que les améliorations qui pourraient être apportées afin de dépasser nos connaissances actuelles sur cette question de recherche. Ainsi, nous allons nous attarder sur nos recommandations pour pallier les limites que nous venons de citer.

Tout d'abord, comme nous l'avons déjà énoncé à plusieurs reprises, des améliorations peuvent être mises en place concernant la définition précise des concepts étudiés. Il est important que les futures études stipulent clairement les concepts étudiés et surtout de manière précise afin de permettre de meilleures comparaisons entre les articles. De plus, concernant ces concepts investigués, la cardinalité étant très peu étudiée dans les études des 21 dernières années, il serait intéressant d'investiguer plus précisément ce sujet afin d'infirmer ou de confirmer les premiers résultats que nous avons pu analyser. Par ailleurs, la prématurité manque aussi de clarté dans les différentes études. Pour assurer une meilleure comparaison, nous suggérons aux chercheurs de préciser clairement les tranches d'âge gestationnel à la naissance et de ne pas simplement indiquer que tous les enfants sont nés en dessous de X semaines. Ce point pourrait apporter des conclusions différentes au niveau de la présence des difficultés dans les différents types de prématurité.

Un autre point essentiel concernant les futures recherches repose sur le biais de publication précédemment expliqué. Il est important que les études montrant des effets non significatifs soient publiées dans la littérature scientifique. L'étude des difficultés d'apprentissage numérique et arithmétique dans notre population comporte un enjeu important et il est par conséquent essentiel que la littérature identifie clairement les difficultés présentes ou non afin d'améliorer le système de prise en charge pour ces enfants.

Ensuite, les chercheurs ont proposé certains facteurs explicatifs que nous avons cités dans les parties précédentes. Maintenant que certaines difficultés ont été pointées du doigt, nous suggérons aux futurs chercheurs de continuer d'identifier ces difficultés tout en les combinant avec d'autres mesures afin de faire ressortir d'autres facteurs explicatifs. Les mesures sur le quotient intellectuel, sur les fonctions exécutives ou bien sur les autres compétences chez ces enfants sont essentielles et doivent se poursuivre dans le but d'identifier les besoins de ces enfants lors de leur scolarité.

Finalement, notre recherche peut être améliorée sur certains points. Ce mémoire étant réalisé dans le cadre de l'obtention du grade de Master en sciences psychologiques à l'Université de Liège, ce dernier doit respecter les règles imposées par cette institution. Ainsi, il serait pertinent de refaire cette recherche sans se limiter à deux bases de données, à un certain nombre de références et donc sans limitations à propos des dates de publication. La stratégie de recherche peut aussi probablement être modifiée et améliorée, car comme précisé dans les limites, notre recherche peut ne pas être parfaite et présenter certains manquements.

5. Quelles solutions pour les enfants prématurés ?

Dans les différentes études, certains auteurs complètent leur recherche en proposant des solutions pour pallier ces faibles performances. Il semblerait donc que ces difficultés ne soient pas irrémédiables et qu'une intervention ou une prise en charge pourraient les réduire.

Korpiä et al. (2019) proposent de mettre ces enfants sous la supervision d'un éducateur ou bien de mettre en place un programme d'entraînement pour améliorer et consolider les performances pour les compétences basiques en mathématiques et celles concernant la prélecture. Hannula-Sormunen et al. (2017) explique que certains enfants nés prématurément pourraient retirer des bénéfices d'une intervention éducationnelle plus large qui abordent les mathématiques mais aussi des compétences cognitives générales. Selon cette étude, ces compétences devraient être : les processus phonologiques, la dénomination accélérée et la mémoire de travail visuospatiale.

Akshoomoff et al. (2017) proposent une prise en charge plus tôt dans le développement de ces enfants. En effet, selon eux, afin de réduire ces difficultés, il serait essentiel qu'une préparation préscolaire ait lieu avec par la suite un soutien scolaire lors de l'entrée dans

l'enseignement formel. Ce soutien servirait à établir des bases solides pour leurs compétences ultérieures.

Taylor et al. (2016) proposent une solution similaire en insistant sur le fait que ces difficultés doivent être détectées le plus tôt possible et que les programmes d'entraînement doivent être spécifiques aux difficultés présentées par un enfant. C'est-à-dire que ces programmes doivent être personnalisés pour chaque enfant qui en a besoin.

Tatsuoka et al. (2016) proposent un enseignement qui serait plus efficace pour les enfants nés prématurément et qui repose sur des approches très structurées en retenant le plus possible l'attention des enfants et qui réduit la charge mentale liée à la mémoire de travail. Cet enseignement efficace propose beaucoup d'entraînements, d'illustrations concrètes des concepts liés aux nombres et des stratégies permettant de faire face à la résolution de problème.

Par ailleurs, Aarnoudse-Moens et al. (2011) critique le système de redoublement pour les enfants nés prématurément qui présentent des difficultés. Ils trouvent que faire redoubler un enfant et donc lui refaire passer un programme dans lequel il a déjà rencontré des difficultés n'a aucun sens. Selon eux, ce sont les professeurs et les éducateurs qui doivent, selon leurs mots, « trouver un meilleur moyen d'enseigner ce matériel ». Cette proposition relève un peu du domaine de l'utopie et ne peut pas réellement être mise en place. Les enseignants, dans le système éducatif actuel, ne peuvent malheureusement pas s'adapter à chaque enfant. Cependant, cela souligne parfaitement le fait que ces enfants ont besoin d'une aide en plus, d'une guidance qui leur permettraient de dépasser leurs difficultés et cette aide peut venir d'un professeur ou d'un éducateur.

D'autres auteurs abordent aussi des solutions possibles mais ces dernières rejoignent ou sont identiques à celles que nous venons de citer comme : entraîner la mémoire de travail et l'attention (Pritchard et al., 2009), des stratégies d'intervention spécifiques et ciblées (Litt et al., 2005) et mettre en place des interventions tôt dans le développement de ces enfants (Keller-Margulis et Dempsey, 2020).

6. Conclusion

Notre question de recherche a pu trouver des réponses grâce à l'élaboration de cette revue de littérature de type systématique. Nous avons pu identifier un profil d'apprentissages numériques et arithmétiques présent chez les enfants nés prématurément et faire le point sur les connaissances actuelles dans ces deux domaines.

L'exécution de notre recherche a mis en lumière 25 références traitant de notre question de recherche. Sur ces études, 23 semblent montrer que la prématurité joue un rôle sur au minimum un des apprentissages numériques et arithmétiques défini au préalable. Ces conséquences de la prématurité sur ces apprentissages se présenteraient sous forme de retard ou de difficultés concernant la litanie, le dénombrement, la cardinalité et l'arithmétique. Nos résultats semblent aussi montrer que les difficultés seraient présentes dans les quatre types de prématurité et que par conséquent, les difficultés ne seraient pas propres à un seul type de prématurité.

Dans ces conditions, il semblerait qu'une partie des enfants prématurés présenterait un profil d'apprentissages numériques et arithmétiques différent de celui des enfants nés à terme. Les enfants nés prématurément seraient plus sujet, que les enfants des différents groupes contrôles à des difficultés, des retards et à des troubles de l'apprentissage spécifique aux mathématiques.

Ce mémoire pourra servir aux futurs chercheurs qui veulent avoir une vision globale ou bien un recueil des connaissances actuelles pour ces domaines. Même si ce dernier n'a pas pu être le plus exhaustif possible, il apporte quand même une base de connaissance nécessaire avant de se lancer dans des recherches plus approfondies.

Pour conclure, nous terminerons sur une note plus pratique et positive. Bien que ces enfants nés prématurément présenteraient des difficultés spécifiques dans les apprentissages numériques et arithmétiques, ces dernières ne sont pas irrémédiables et peuvent être réduites à l'aide de différents moyens. Par exemple, des programmes d'entraînement et des soutiens préscolaires et scolaires peuvent être mis en place. Ces solutions reposeraient sur l'amélioration des compétences liées aux mathématiques mais aussi des compétences cognitives générales.

Bibliographie

- Aarnoudse-Moens, C. S. H., Oosterlaan, J., Duivenvoorden, H. J., van Goudoever, J. B., & Weisglas-Kuperus, N. (2011). Development of Preschool and Academic Skills in Children Born Very Preterm. *The Journal of Pediatrics*, 158(1), 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.06.052>
- Adrian, J. A., Bakeman, R., Akshoomoff, N., & Haist, F. (2020). Cognitive functions mediate the effect of preterm birth on mathematics skills in young children. *Child Neuropsychology*, 26(6), 834-856. <https://doi.org/10.1080/09297049.2020.1761313>
- Akshoomoff, N., Joseph, R. M., Taylor, H. G., Allred, E. N., Heeren, T., O'Shea, T. M., & Kuban, K.C. K. (2017). Academic Achievement Deficits and Their Neuropsychological Correlates in Children Born Extremely Preterm. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 38(8), 627-637. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000479>
- Alanko, O., Niemi, P., Munck, P., Matomäki, J., Turunen, T., Nurmi, J.-E., Lehtonen, L., Haataja, L., & Rautava, P. (2017). Reading and math abilities of Finnish school beginners born very preterm or with very low birth weight. *Learning and Individual Differences*, 54, 173-183. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.01.022>
- Anderson, P. (2003). Neurobehavioral Outcomes of School-age Children Born Extremely Low BirthWeight or Very Preterm in the 1990s. *JAMA*, 289(24), 3264. <https://doi.org/10.1001/jama.289.24.3264>
- Anderson, P. J. (2014). Neuropsychological outcomes of children born very preterm. *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 19(2), 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.siny.2013.11.012>
- Arzuaga, B. H., & Cummings, C. L. (2019). Deliveries at extreme prematurity : Outcomes, approaches, institutional variation, and uncertainty. *Current Opinion in Pediatrics*, 31(2), 182-187. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000731>
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2017). Mémoires et cognition mathématique. Rééducation orthophonique – N°269 – Mars 2017
- Bentley, J. P., Schneuer, F. J., Lain, S. J., Martin, A. J., Gordon, A., & Nassar, N. (2018). Neonatal Morbidity at Term, Early Child Development, and School Performance : A

- Population Study. *Pediatrics*, 141(2), e20171726. <https://doi.org/10.1542/peds.2017-1726>
- Bhutta, A. T., Cleves, M. A., Casey, P. H., Cradock, M. M., & Anand, K. J. S. (2002). Cognitive and Behavioral Outcomes of School-Aged Children Who Were Born Preterm : A Meta-analysis. *JAMA*, 288(6), 728. <https://doi.org/10.1001/jama.288.6.728>
- Bideaud, J., Meljac, C., & Fischer, J.-P. (Éds.). (2016). *Les chemins du nombre* (Nouvelle édition identique à celle de 1991). Presses universitaires du Septentrion.
- Borradori Tolsa, C., Barisnikov, K., Lejeune, F., & Hüppi, P. (2014). Développement des fonctions exécutives de l'enfant prématuré. *Archives de Pédiatrie*, 21(9), 1035-1040. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2014.06.011>
- Bos, A. F., Van Braeckel, K. N. J. A., Hitzert, M. M., Tanis, J. C., & Roze, E. (2013). Development of fine motor skills in preterm infants. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55, 1-4. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12297>
- Botting, N., Powls, A., Cooke, R. W., & Marlow, N. (2008). Cognitive and educational outcome of very-lowbirthweight children in early adolescence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 40(10), 652-660. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1998.tb12324.x>
- Breslau, N., Johnson, E. O., & Lucia, V. C. (2001). Academic Achievement of Low Birthweight Children at Age 11 : The Role of Cognitive Abilities at School Entry. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 29(4), 273-279. <https://doi.org/10.1023/A:1010396027299>
- Brissiaud, R. (2015). *Premiers pas vers les maths : Les chemins de la réussite à l'école maternelle*.
- Brown, S., Quach, J., Anderson, P. J., Mensah, F., & Roberts, G. (2019). Influence of Gestational Age and Working Memory on Math Skills in Children Aged 8 to 9 Years. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 40(1), 49-53. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000614>
- Burns, Y., O'Callaghan, M., McDonnell, B., & Rogers, Y. (2004). Movement and motor development in ELBW infants at 1 year is related to cognitive and motor abilities at 4 years. *Early Human Development*, 80(1), 19-29. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2004.05.003>

- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3-18. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00374.x>
- Camos, V., Fayol, M., Lacert, P., Bardi, A., Laquière, C. (1998). Le dénombrement chez des enfants dysphasiques et des enfants dyspraxiques. *A.N.A.E.* (48), 86-91.
- Carpenter, T. P., Moser, J. M., & Romberg, T. A. (Éds.). (1982). *Addition and subtraction : A cognitive perspective*. L. Erlbaum Associates.
- Deforge, H., Toniolo, A. M., André, M., & Hascoët, J. M. (2007). Contrôle inhibiteur et prématurité à l'âge scolaire. *Revue de Neuropsychologie*, 17 (4), 363-400.
- Deforge, H., André, M., Hascoët, J.-M., Toniolo, A.-M., Demange, V., & Fresson, J. (2006). Développement cognitif et performances attentionnelles de l'ancien prématuré « normal » à l'âge scolaire. *Archives de Pédiatrie*, 13 (9), 1195-1201.
- Di Rosa, G., Pironti, E., Cucinotta, F., Alibrandi, A., & Gagliano, A. (2019). Gender affects early psychomotor milestones and long-term neurodevelopment of preterm infants. *Infant and Child Development*, 28(1), e2110. <https://doi.org/10.1002/icd.2110>
- Edilec. (1975). Prématurité. Dans l'encyclopédie Médecine 2000.
- ElHassan, N. O., Bai, S., Gibson, N., Holland, G., Robbins, J. M., & Kaiser, J. R. (2018). The impact of prematurity and maternal socioeconomic status and education level on achievement-test scores up to 8th grade. *PLOS ONE*, 13(5), e0198083. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198083>
- Espy, K. A., Fang, H., Charak, D., Minich, N., & Taylor, H. G. (2009). Growth mixture modeling of academic achievement in children of varying birth weight risk. *Neuropsychology*, 23(4), 460-474. <https://doi.org/10.1037/a0015676>
- Evensen, K. A. I. (2004). Motor skills in adolescents with low birth weight. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 89(5), F451-F455. <https://doi.org/10.1136/adc.2003.037788>
- Fayol, M. (1997). *L'enfant et le nombre : Du comptage à la résolution de problèmes*. Delachaux et Niestlé.
- Fayol, M. (2013). *L'acquisition du nombre*. PUF.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., & Catherine DeSoto, M. (2004). Strategy choices in simple and complex addition : Contributions of working memory and counting

- knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88(2), 121-151. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2004.03.002>
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Harvard University Press.
- Glass, H. C., Costarino, A. T., Stayer, S. A., Brett, C. M., Cladis, F., & Davis, P. J. (2015). Outcomes for Extremely Premature Infants: Anesthesia & Analgesia, 120(6), 1337-1351. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000000705>
- Guarini, A., Bonifacci, P., Tobia, V., Alessandroni, R., Faldella, G., & Sansavini, A. (2019). The profile of very preterm children on academic achievement. A cross-population comparison with children with specific learning disorders. *Research in Developmental Disabilities*, 87, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.02.001>
- Guarini, A., Sansavini, A., Fabbri, M., Alessandroni, R., Faldella, G., & Karmiloff-Smith, A. (2014). Basic numerical processes in very preterm children : A critical transition from preschool to school age. *Early Human Development*, 90(3), 103-111. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2013.11.003>
- Guarini, A., Tobia, V., Bonifacci, P., Faldella, G., & Sansavini, A. (2021). Magnitude Comparisons, Number Knowledge and Calculation in Very Preterm Children and Children With Specific Learning Disability : A Cross-Population Study Using Eye-Tracking. *Journal of Learning Disabilities*, 54(2), 83-96. <https://doi.org/10.1177/0022219420950651>
- Hagen, E., Palta, M., Albanese, A., & Sadek-Badawi, M. (2005). 162-S : School Achievement in a Regional Cohort of Children Born Very Low Birthweight. *American Journal of Epidemiology*, 161(Supplement_1), S41-S41. https://doi.org/10.1093/aje/161.Supplement_1.S41a
- Hannula-Sormunen, M. M., Nanu, C. E., Laakkonen, E., Munck, P., Kiuru, N., & Lehtonen, L. (2017). Early mathematical skill profiles of prematurely and full-term born children. *Learning and Individual Differences*, 55, 108-119. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2017.03.004>
- Hasler, H. M., & Akshoomoff, N. (2019). Mathematics ability and related skills in preschoolers born very preterm. *Child Neuropsychology*, 25(2), 162-178. <https://doi.org/10.1080/09297049.2017.1412413>

- Heitzer, A. M., Piercy, J. C., Peters, B. N., Mattes, A. M., Klarr, J. M., Batton, B., Ofen, N., & Raz, S. (2020). Cumulative Antenatal Risk and Kindergarten Readiness in Preterm-Born Preschoolers. *Research on Child and Adolescent Psychopathology*, 48(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10802-019-00577-8>
- Hellgren, K., Halberda, J., Forsman, L., Ådén, U., & Libertus, M. (2013). Compromised approximate number system acuity in extremely preterm school-aged children. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(12), 1109-1114. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12206>
- Hoard, M. K., Geary, D. C., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and Arithmetical Cognition : Performance of Low- and Average-IQ Children. *Mathematical Cognition*, 5(1), 65-91. <https://doi.org/10.1080/135467999387324>
- Jenks, K. M., van Lieshout, E. C. D. M., & de Moor, J. M. H. (2012). Cognitive correlates of mathematical achievement in children with cerebral palsy and typically developing children : Correlates of math achievement in CP and TD. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 120-135. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02034.x>
- Johnson, S., Strauss, V., Gilmore, C., Jaekel, J., Marlow, N., & Wolke, D. (2016). Learning disabilities among extremely preterm children without neurosensory impairment : Comorbidity, neuropsychological profiles and scholastic outcomes. *Early Human Development*, 103, 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2016.07.009>
- Keller-Margulis, M. A., & Dempsey, A. G. (2020). Cognitive and Academic Performance of Preschool-Age Children Born Preterm. *Early Childhood Education Journal*, 48(2), 203-211. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-00998-6>
- Keller-Margulis, M., Dempsey, A., & Llorens, A. (2011). Academic Outcomes for Children Born Preterm : A Summary and Call for Research. *Early Childhood Education Journal*, 39(2), 95-102. <https://doi.org/10.1007/s10643-011-0446-0>
- Kerr-Wilson, C. O., Mackay, D. F., Smith, G. C. S., & Pell, J. P. (2012). Meta-analysis of the association between preterm delivery and intelligence. *Journal of Public Health*, 34(2), 209-216. <https://doi.org/10.1093/pubmed/fdr024>
- Kiechl-Kohlendorfer, U., Ralser, E., Pupp Peglow, U., Pehboeck-Walser, N., & Fussenegger, B. (2013). Early risk predictors for impaired numerical skills in 5-year-old children born

- before 32 weeks of gestation. *Acta Paediatrica*, 102(1), 66-71.
<https://doi.org/10.1111/apa.12036>
- Klein, E., Moeller, K., Kiechl-Kohlendorfer, U., Kremser, C., Starke, M., Cohen Kadosh, R., Pupp-Peglow, U., Schocke, M., & Kaufmann, L. (2014). Processing of Intentional and Automatic Number Magnitudes in Children Born Prematurely : Evidence From fMRI. *Developmental Neuropsychology*, 39(5), 342-364.
<https://doi.org/10.1080/87565641.2014.939179>
- Korpipää, H., Niemi, P., Aunola, K., Koponen, T., Hannula-Sormunen, M., Stolt, S., Aro, M., Nurmi, J.-E., & Rautava, P. (2019). Prematurity and overlap between reading and arithmetic : The cognitive mechanisms behind the association. *Contemporary Educational Psychology*, 56, 171-179. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.01.005>
- Laroche, P. (2007). L'exploration statistique du biais de publication. *Journal de la Société Française de Statistique*, 148(4), 29-56.
- Larousse. (2020). Prématurité. Dans Le Dictionnaire Larousse.
- Lee, M., Pascoe, J. M., & McNicholas, C. I. (2017). Reading, Mathematics and Fine Motor Skills at 5 Years of Age in US Children who were Extremely Premature at Birth. *Maternal and Child Health Journal*, 21(1), 199-207. <https://doi.org/10.1007/s10995-016-2109-7>
- L'étude Epipage 1. <http://epipage2.inserm.fr/index.php/fr/prematurite-fr/etude-epipage1>. Consulté le 21 avril 2020.
- Litt, J., Taylor, H. G., Klein, N., & Hack, M. (2005). Learning Disabilities in Children with Very Low Birthweight : Prevalence, Neuropsychological Correlates, and Educational Interventions. *Journal of Learning Disabilities*, 38(2), 130-141.
<https://doi.org/10.1177/00222194050380020301>
- Løhaugen, G. C. C., Gramstad, A., Evensen, K. A. I., Martinussen, M., Lindqvist, S., Indredavik, M., Vik, T., Brubakk, A.-M., & Skranes, J. (2010). Cognitive profile in young adults born preterm at very low birthweight : Cognitive Profile in VLBW Young Adults. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 52(12), 1133-1138.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2010.03743.x>
- Luciana, M., Lindeke, L., Georgieff, M., Mills, M., & Nelson, C. A. (1999). Neurobehavioral evidence for working-memory deficits in school-aged children with histories of

- prematurity. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 41(8), 521-533.
<https://doi.org/10.1017/S0012162299001140>
- Marlow, N, Roberts, B. L., & Cooke, R. W. (1989). Motor skills in extremely low birthweight children at the age of 6 years. *Archives of Disease in Childhood*, 64(6), 839-847.
<https://doi.org/10.1136/adc.64.6.839>
- Marlow, Neil. (2006). Outcome following extremely preterm birth. *Women's Health Medicine*, 3(5), 197-201. [https://doi.org/10.1053/S1744-1870\(06\)70203-7](https://doi.org/10.1053/S1744-1870(06)70203-7)
- McGrath, M., & Sullivan, M. (2002). BIRTH WEIGHT, NEONATAL MORBIDITIES, AND SCHOOL AGE OUTCOMES IN FULL-TERM AND PRETERM INFANTS. *Issues in Comprehensive Pediatric Nursing*, 25(4), 231-254.
<https://doi.org/10.1080/01460860290042611>
- Mellier, Daniel. (2011). *Le développement de l'enfant né prématuré*. Solal.
- Naissances prématurées. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth>.
 Consulté le 20 avril 2020.
- Negen, J., & Sarnecka, B. W. (2012). Number-Concept Acquisition and General Vocabulary Development : General Vocabulary Development. *Child Development*, 83(6), 2019-2027. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2012.01815.x>
- Piaget, J., & Szeminska, A. (1997). *La genèse du nombre chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.
- Powls, A., Botting, N., Cooke, R. W., & Marlow, N. (1995). Motor impairment in children 12 to 13 years old with a birthweight of less than 1250 g. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 73(2), F62-F66. <https://doi.org/10.1136/fn.73.2.F62>
- Pritchard, V. E., Clark, C. A. C., Liberty, K., Champion, P. R., Wilson, K., & Woodward, L. J. (2009). Early school-based learning difficulties in children born very preterm. *Early Human Development*, 85(4), 215-224.
<https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2008.10.004>
- Rapport 2015 de la Banque de Données Médico-Sociales, Office de la Naissance et de l'Enfance, Fédération Wallonie-Bruxelles, 2015.
- Ricci, D., & Tinelli, F. (2013). Compromised approximate number system acuity in school-aged children born extremely preterm. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 55(12), 1070-1071. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12221>

- Rieck, M., Arad, I., & Netzer, D. (1996). Developmental Evaluation of Very-low-birthweight Infants : Longitudinal and Cross-sectional Studies. *International Journal of Behavioral Development*, 19(3), 549-562. <https://doi.org/10.1177/016502549601900306> 22
- Roesch, S., & Moeller, K. (2015). Considering digits in a current model of numerical development. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.01062>
- Rouse, H. L., Choi, J. Y., Riser, Q. H., & Beecher, C. C. (2020). Multiple risks, multiple systems, and academic achievement : A nationally representative birth-to-five investigation. *Children and Youth Services Review*, 108, 104523. <https://doi.org/10.1016/j.chilyouth.2019.104523>
- Sansavini, A., Guarini, A., & Caselli, M. C. (2011). Preterm Birth : Neuropsychological Profiles and Atypical Developmental Pathways: Atypical Developmental Pathways in Preterm Children. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 17(2), 102-113. <https://doi.org/10.1002/ddrr.1105>
- Sarnecka, B. W., & Carey, S. (2008). How counting represents number : What children must learn and when they learn it. *Cognition*, 108(3), 662-674. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2008.05.007>
- Sarnecka, B. W., & Wright, C. E. (2013). The Idea of an Exact Number : Children's Understanding of Cardinality and Equinumerosity. *Cognitive Science*, 37(8), 1493-1506. <https://doi.org/10.1111/cogs.12043>
- Scheinker, R., Coster, W. J., & Parush, S. (2007). Neuroimpairments, activity performance, and participation in children with cerebral palsy mainstreamed in elementary schools. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47(12), 808-814. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2005.tb01085.x>
- Schneider, W., Wolke, D., Schlagmüller, M., & Meyer, R. (2004). Pathways to school achievement in very preterm and full term children. *European Journal of Psychology of Education*, 19(4), 385-406. <https://doi.org/10.1007/BF03173217>
- Shah, P., Kaciroti, N., Richards, B., Oh, W., & Lumeng, J. C. (2016). Developmental Outcomes of Late Preterm Infants From Infancy to Kindergarten. *Pediatrics*, 138(2), e20153496. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-3496>

- Strauss, M. S., & Curtis, L. E. (1981). Infant Perception of Numerosity. *Child Development*, 52(4), 1146. <https://doi.org/10.2307/1129500>
- Tatsuoka, C., McGowan, B., Yamada, T., Espy, K. A., Minich, N., & Taylor, H. G. (2016). Effects of extreme prematurity on numerical skills and executive function in kindergarten children: An application of partially ordered classification modeling. *Learning and Individual Differences*, 49, 332-340. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.05.002>
- Taylor, H. G., Burant, C. J., Holding, P. A., Klein, N., & Hack, M. (2002). Sources of Variability in Sequelae of Very Low Birth Weight. *Child Neuropsychology*, 8(3), 163-178. <https://doi.org/10.1076/chin.8.3.163.13500>
- Taylor, H. G., Espy, K. A., & Anderson, P. J. (2009). Mathematics deficiencies in children with very low birth weight or very preterm birth. *Developmental Disabilities Research Reviews*, 15(1), 52-59. <https://doi.org/10.1002/ddrr.51>
- Taylor, H. G., Klein, N., Espy, K. A., Schluchter, M., Minich, N., Stilp, R., & Hack, M. (2018). Effects of extreme prematurity and kindergarten neuropsychological skills on early academic progress. *Neuropsychology*, 32(7), 809-821. <https://doi.org/10.1037/neu0000434>
- Taylor, H. G., Klein, N., Minich, N. M., & Hack, M. (2000). Middle-School-Age Outcomes in Children with Very Low Birthweight. *Child Development*, 71(6), 1495-1511. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00242>
- Taylor, R., Pascoe, L., Scratch, S., Doyle, L. W., Anderson, P., & Roberts, G. (2016). A simple screen performed at school entry can predict academic under-achievement at age seven in children born very preterm: Academic impairment and prematurity. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 52(7), 759-764. <https://doi.org/10.1111/jpc.13186>
- Thevenot, C., Chazoule, G., Masson, S., Castel, C., & Fayol, M. (2016). Les compétences numériques chez de jeunes enfants prématurés. *L'Année Psychologique*, 116(02), 227-248. <https://doi.org/10.4074/S0003503316000361>
- Tinelli, F., Anobile, G., Gori, M., Aagten-Murphy, D., Bartoli, M., Burr, D. C., Cioni, G., & Concetta Morrone, M. (2015). Time, number and attention in very low birth weight children. *Neuropsychologia*, 73, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.04.016>

- Torbeyns, J., Gilmore, C., & Verschaffel, L. (2015). The Acquisition of Preschool Mathematical Abilities : Theoretical, Methodological and Educational Considerations. *Mathematical Thinking and Learning*, 17(2-3), 99-115. <https://doi.org/10.1080/10986065.2015.1016810>
- Ullman, H., Spencer-Smith, M., Thompson, D. K., Doyle, L. W., Inder, T. E., Anderson, P. J., & Klingberg, T. (2015). Neonatal MRI is associated with future cognition and academic achievement in preterm children. *Brain*, 138(11), 3251-3262. <https://doi.org/10.1093/brain/awv244>
- van Marle, K., & Wynn, K. (2011). Tracking and quantifying objects and non-cohesive substances : Quantifying objects and substances. *Developmental Science*, 14(3), 502-515. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2010.00998.x>
- von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49(11), 868-873. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2007.00868.x>
- Weisglas-Kuperus, N., Hille, E. T. M., Duivenvoorden, H. J., Finken, M. J. J., Wit, J. M., van Buuren, S., van Goudoever, J. B., Verloove-Vanhorick, S. P., & for the Dutch POPS-19 Collaborative Study Group. (2008). Intelligence of very preterm or very low birthweight infants in young adulthood. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 94(3), F196-F200. <https://doi.org/10.1136/adc.2007.135095.23>
- Wocadlo, C., & Rieger, I. (2008). Motor impairment and low achievement in very preterm children at eight years of age. *Early Human Development*, 84(11), 769-776. <https://doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2008.06.001>
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36(2), 155-193. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(90\)90003-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(90)90003-3)
- Wynn, K. (1998). Psychological foundations of number : Numerical competence in human infants. *Trends in Cognitive Sciences*, 2(8), 296-303. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(98\)01203-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(98)01203-0)
- Yeo, D. (2003). Dyslexia, dyspraxia and mathematics (Repr). Whurr.
- Zhang, X., Räsänen, P., Koponen, T., Aunola, K., Lerkkanen, M.-K., & Nurmi, J.-E. (2017). Knowing, applying, and reasoning about arithmetic : Roles of domain-general and

numerical skills in multiple domains of arithmetic learning. *Developmental Psychology*, 53(12), 2304- 2318. <https://doi.org/10.1037/dev0000432>

Annexes

Un tableau général d'extraction des données a été réalisé et est disponible en prenant contact avec l'auteur.

Annexe N°1 – Stratégie de recherche sur la base de données Psycinfo

Database: APA PsycInfo <1806 to March Week 5 2021>

Search Strategy:

-
- 1 Mathematical Ability/
 - 2 number comprehension/ or number systems/ or "numbers (numerals)"/ or numerosity perception/
 - 3 mathematics/ or "mathematics (concepts)"/ or mathematics achievement/ or mathematics education/
 - 4 calculus/
 - 5 (algebr* or arithmet*).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 6 (computat* or substraction*).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 7 (early num* adj3 (skill* or abilit* or learning*)).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 8 (number adj3 (compreh* or system* or concept* or operati* or learn* or calcul* or word* or competen*)).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 9 math*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 10 numeral*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 11 count.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 12 counting.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 13 cardinality.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 14 (cardinal* and knower*).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
 - 15 numeracy*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

16 numerosi*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

17 enumerat*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

18 1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7 or 8 or 9 or 10 or 11 or 12 or 13 or 14 or 15 or 16 or 17

19 Premature Birth/
20 Birth Weight/
21 neonatal intensive care/
22 prenatal development/
23 neonatal*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

24 low birth weight*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

25 VLBW*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

26 very low birth weight*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

27 (preterm* infan* or preterm*).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

28 (prenatal* infan* or prenatal*).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

29 (prematu* infan* or prematur*).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

30 19 or 20 or 21 or 22 or 23 or 24 or 25 or 26 or 27 or 28 or 29

31 preschool students/ or nursery school students/ or kindergarten students/
32 preschool education/
33 elementary schools/ or elementary education/
34 kindergartens/
35 School Readiness/
36 preschool*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

37 kindergart*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

38 pre-k*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

39 schoolchild*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

40 child*.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

41 school-age.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]

- 42 ((elementary or primary) adj3 (school* or education or student*)).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
- 43 (nursery adj3 (student* or child* or education*)).mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
- 44 first grade.mp. [mp=title, abstract, heading word, table of contents, key concepts, original title, tests & measures, mesh]
- 45 31 or 32 or 33 or 34 or 35 or 36 or 37 or 38 or 39 or 40 or 41 or 42 or 43 or 44
- 46 18 and 30 and 45
- 47 limit 46 to (peer reviewed journal and yr="2000 -Current")

Annexe N°2 – Stratégie de recherche sur la base de données ERIC

Database: ERIC <1965 to January 2021>

Search Strategy:

-
- 1 number comprehension/ or number systems/ or "numbers (numerals)"/ or numerosity perception/
 - 2 mathematics/ or "mathematics (concepts)"/ or mathematics achievement/ or mathematics education/
 - 3 calculus/
 - 4 (algebr* or arithmet*).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers] (16915)
 - 5 (computat* or subtraction*).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers] (16162)
 - 6 (early num* adj3 (skill* or abilit* or learning*)).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 7 (number adj3 (compreh* or system* or concept* or operati* or learn* or calcul* or word* or competen*)).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 8 math*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 9 numeral*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 10 count.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 11 counting.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 12 cardinality.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 13 (cardinal* and knower*).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 14 numeracy*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 15 numeri*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 16 enumerat*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 - 17 1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7 or 8 or 9 or 10 or 11 or 12 or 13 or 14 or 15 or 16
 - 18 Premature Birth/
 - 19 Birth Weight/
 - 20 neonatal*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]

21 low birth weight*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 22 VLBW*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 23 very low birth weight*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers] (
 24 (preterm* infan* or preterm*).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 25 (prenatal* infan* or prenatal*).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 26 (prematur* infan* or prematur*).mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 27 18 or 19 or 20 or 21 or 22 or 23 or 24 or 25 or 26
 28 preschool education/
 29 elementary schools/ or elementary education/
 30 School Readiness/
 31 preschool*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 32 kindergart*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 33 pre-k*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 34 schoolchild*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 35 child*.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 36 school-age.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 37 ((elementary or primary) adj3 (school* or education or student*)).mp. [mp=abstract, title,
 heading word, identifiers]
 38 (nursery adj3 (student* or child* or education*)).mp. [mp=abstract, title, heading word,
 identifiers]
 39 first grade.mp. [mp=abstract, title, heading word, identifiers]
 40 28 or 29 or 20 or 31 or 32 or 33 or 34 or 35 or 36 or 37 or 38 or 39
 41 17 and 27 and 40
 42 limit 41 to (peer reviewed and yr="2000 -Current")

Annexe N°3 – Tableau d'extraction des caractéristiques de la population - Complément

Étude	Méthodologie	Appariement
Guarini et al., 2021	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge et du background social
Adrian et al., 2020	Empirical et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base de l'âge, de l'éducation maternelle et du genre
Keller-Margulis & Dempsey, 2020	Empirical et Quantitative et Follow-up	Enfant un à un
Guarini et al., 2019	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre et du background social
Korpiäa et al., 2019	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base du niveau d'éducation des deux parents et du genre
Taylor et al., 2018	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge
Hannula-Sormunen et al., 2017	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base du contexte maternel, de l'âge et du genre
Akshoomoff et al., 2017	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base du QI et éducation maternelle
Alanko et al., 2017	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre, de l'éducation des parents
Lee et al., 2017	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base socio-démographique, éducation des parents, du poids, de l'âge, du genre et du statut marital
Shah et al., 2016	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre et des caractéristiques maternelle
Taylor et al., 2016	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du contexte socio-démographique, du grade et de l'âge de la maman à la naissance
Thevenot et al., 2016	Empirical et Quantitative	Un grand préma avec un né à terme de même niveau scolaire
Tatsuoka et al., 2016	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre et de l'ethnie

Guarini et al., 2014	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre et du niveau économique
Aarnoudse-Moens et al., 2011	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre et de l'éducation des parents/un à un pour le redoublement
Espy et al., 2009	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre, de l'ethnie et du contexte socio-économique
Pritchard et al., 2009	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base du social background, de l'âge, des expériences éducationnelles et du genre
Wocaldo & Rieger, 2008	Empirical et Quantitative et Follow-up	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre et de l'éducation des parents
Litt et al., 2005	Empirical et Quantitative et Follow-up	Comparaison de groupe sur base de l'âge et du niveau socio-économique
Anderson et al., 2003	Empirical et Quantitative et Follow-up	Comparaison de groupe sur base de l'âge, de la classe sociale, pays de naissance de la mère et du genre
McGrath & Sullivan, 2002	Empirical et Quantitative et Follow-up	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du niveau socio-économique, de l'éthnie, du niveau scolaire de la mère et du statut parental
Taylor et al., 2002	Empirical et Quantitative	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre, du statut socio-économique et de l'ethnie
Breslau et al., 2001	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre, de l'ethnie, de l'éducation de la mère, du milieu de vie (type urbain ou suburbain) et statut de la mère (seul ou non)
Taylor et al., 2000	Empirical et Quantitative et Longitudinal	Comparaison de groupe sur base de l'âge, du genre, de l'ethnie, du statut des parents et de l'éducation de la mère

Annexe N°4 – Tableau 3 : Tableau d'extraction des résultats et de la qualité

Étude	Résultats	Statistiques	Qualité
Guarini et al., 2021	NS	Tukey post hoc : score SLD inférieur aux scores similaires P et DT pour calculs écrits ($p < .001$, $d = 1.52-2.40$) et pareil pour la catégorie "précision" et "rapidité" (calcul écrit, mental, comptage arrière) avec respectivement ($p = .001-.036$, $d = 0.60-1.82$) et ($p < .001$, $d = 1.25 - 1.87$)/ différence seulement en number knowledge, comparaison de numérosité ($p = .007$, $d = 0.74$)	16/16
Adrian et al., 2020	S	Ancova : Différences diminue avec l'âge pour "number skill" mais augmente pour arithmétique ($F[2,150] = 18.10$, $p < .001$, partial $\eta^2 = .194$) confirmé avec Mann-Whitney U test (p values augmente de .008, to .014, à .047 et diminue de .052, to $< .001$, à $< .001$)/Score moyen des P plus bas que les DT (η^2 ranging from .076 to .145)	16/16
Keller-Margulis & Dempsey, 2020	S	Pour le test sur "early numeracy", les scores sont plus bas à un taux de 70 à 95 % à travers les tâches/Les enfants de cette étude, qui ont en moyenne un âge chronologique de 4 ans, se situaient systématiquement en dessous des références de 3 ans	14/16
Guarini et al., 2019	S	Anova : P compétences moins avancées que les TD en connaissance du nombre ($p = .021$) et en calcul écrit ($p = .0,23$)	16/16
Korpiäa et al., 2019	S	Prématurité corrélée négativement avec l'arithmétique (-0.31 , $p < .001$)/Comparaison des moyennes : P perfoeme moins bien que les TD en arithmétique/Prématurité négativement corrélé à la variance spécifique à l'arithmétique (standardized estimate = -0.13 , $p = 0.02$)/ P score inférieur aux TD en grade 1/Indépendamment de la lecture, P moins bons en arithmétique que TD	16/16

Taylor et al., 2018	S	Score W plus bas chez les EPT et ELBW que chez les NBW (effect sizes .67) et quand les enfants avec déficience étaient écartés les différences restent significative pour les calculs, pareil si on écarte les enfants qui ont redoublés/Prédiction avec "Kindergarten neuropsychological test" et la réussite, effet principal pour les calculs (β .26-.44)	16/16
Hannula-Sormunen et al., 2017	S	Le model prédisant trois profiles égaux n'est pas supporté (S-B $\Delta\chi^2$ (15) = 79.84, p b 0.001), il y a donc trois profiles différents/Préma : Présence de 5 profiles, respectivement 31,9% - 29,4% - 11,7% - 21% - 5,8%/ Deux premiers profiles = low math = 61,3% des P + seulement 6% des P présents dans le groupe le plus fort + Seulement 38% dans la moyenne/ Enfants nés à terme : 4 profiles respectivement répartis 28,5% - 10% - 44,2% - 17,2% + 28,5% des GC en low math + 71,4% dans la moyenne ou supérieur + 17,2% présent dans le groupe le plus élevé (high level of competence)	16/16
Akshoomoff et al., 2017	S	42% des P en retard scolaire/26,9% avec un score en math inférieur ajusté à 27,3 avec WIAT-III (McNemar's paired sample chi-square test, p < .001)/Éducation maternelle significativement lié avec les scores WIAT-III (Wilk's Lambda, F (4,1192) = 10.43, p < 0.001) tout comme le QI (Wilk's Lambda, F (18, 1178) = 4.32, p < 0.001)/ Post-hoc + ANCOVA : Résultats significatif entre P et DT (F(3,597)= 231.32, p < 0.001)/ Éducation maternelle explique 5,5% de la variance (R-square = 0.055, F (2,600)=17.54, p < 0.001)/Groupe avec DM ont un score significativement inférieur au groupe sans LD (all adjusted p-values < 0.001)	16/16
Alanko et al., 2017	S	FT montre des résultats supérieurs hautement significatif avec une taille d'effet "medium-strong" pour toutes les tâches que les P (counting, F(1) = 7.86, p = 0.005; naming numbers, F(1) = 5.95, p = 0.015; and arithmetic, F(1) = 11.01, p = 0.001)/Enfants >1000g supérieur en arithmétique que les enfants <1000g	16/16

Lee et al., 2017	S	Le score en mathématique (33.6[0.6] P vs. 40.7 [0.2] TD, p value < 0.001) est significativement inférieur pour les P/EP sont 4 points inférieur aux TD (p < 0.001)/ Moyenne des scores en mathématique significativement inférieur pour les EP (mean difference = 5.5, p\0.001) et P (mean difference = 1.1, p = 0.023) comparé aux TD	16/16
Shah et al., 2016	NS	Après contrôle des covariables : Pas de différence significative en math en maternelle (24 mois) dans les trois groupes d'âge (F= 0.22; P = .81)/Différence dans les maths préscolaire (F = 7.07; P = .0014) avec les grands préma qui ont des scores plus bas que les DT (P = .0014) mais semblable aux P tardif (P = .07)	16/16
Taylor et al., 2016	S	P ont score plus bas en calcul que les DT même après ajustement concernant le risque social et le temps passé depuis le début de l'école (VPT mean : 88.8, TD mean : 99.7, p value < 0.001, adjusted mean difference -8.9, adjusted p value < 0.001)/NBW subtest (meilleur détection) : à l'âge de 7 ans, déficience en math (AUC = 0.81)/ Cut-point pour un score de <93 prédit une déficience en math (sensitivity 78%, specificity 74%) à 7 ans	16/16
Thevenot et al., 2016	S	Comparaison de groupe significative entre P et GC pour la chaîne numérique verbale orale (20,00 - 11,43 - p<0.001) et le dénombrement (appelé par les auteurs comptage - 5,00 - 3,71 - p = 0.03) mais pas pour la cardinalité (tâche donne-moi appelée ici dénombrement) cependant, les résultats deviennent non-significatif si on prend en compte la vitesse de traitement	11/16

Tatsuoka et al., 2016	S	POSET model (partially ordered set) pour les compétences numériques : Suggère que beaucoup d'enfants prématurés ne maîtrisent pas toutes les compétences numériques autres que le subitizing alors que ce n'est pas le cas pour les enfants nés à terme : P ont une plus basse probabilité de maîtriser les compétences numériques que les DT (cardinality, $U(248) = 4666.5$, $p < 0.001$, subtraction, $U(248) = 4453.5$, $p < 0.001$, addition, $U(248) = 4509$, $p < 0.001$) / DT moins de déficit que P et plus fréquemment classé en "State 1", P plus souvent classé en "State 13", ce qui signifie, en moyenne, des compétences plus basses	16/16
Guarini et al., 2014	S	6 ans : 54% P échoue la récitation de 1 à 20 (18% DT)/RL : effet de la variance né à terme ($B = 1.69$, $\exp B = 5.42$, $p = .003$) et QI ($B = 0.09$, $\exp B = 1.09$, $p = .001$) pour réussite de la récitation de 1 à 20 (R^2 Nagelkerke = .327, $\chi^2(2, N = 90) = 24.91$, $p < .001$) / Comptage 25 à 35, P 75% et DT 41% échoue, RL confirme un effet de groupe p ($B = 1.39$, $\exp B = 4.0$, $p = .005$) et de QI ($B = 1.39$, $\exp B = 1.07$; $p = .008$) avec R^2 Nagelkerke = .251, $\chi^2(2, N = 90) = 18.33$, $p < .001$ / Même tendance avec le comptage arrière de 10 à 1 : 73% P contre 41% DT, RL confirme l'effet de la variance né à terme ($B = 1.28$, $\exp B = 3.60$, $p = .008$) et QI ($B = 0.06$, $\exp B = 1.06$, $p = .008$) pour la production d'une séquence correcte avec R^2 Nagelkerke = .225, $\chi^2(2, N = 90) = 16.31$, $p < .001$ / Le résultat des RL était significatif avec une α value à 0.006 pour une comparaison multiple / P mois précis dans la tâche "What comes next/before" avec un α value à 0.006 pour comparaison multiple (Bonferroni correction) / 8 ans : pas de différence significative	16/16
Aarnoudse-Moens et al., 2011	S	Début des maternelles : P performe 0.7 SD en dessous en mathématique et arithmétique comparativement au groupe contrôle / Avec contrôle du QI, les différences en mathématique et arithmétique restent significatives ($F_s > 4.8$, P values $< .03$) / Pas d'interaction significative entre les effect groupes, l'âge, parental éducation / primaire : score P plus bas (0.6 SD)	16/16

Espy et al., 2009	S (Prédicteur)	Growth mixture modeling : Modèle de courbe de croissance quadratique pour les calculs ($\chi^2(4) = 55.54, p < .001$) est significatif et négatif ce qui indique qu'en avançant avec l'âge les taux de croissance linéaire est progressivement plus faible pour ce score chez les P	16/16
Pritchard et al., 2009	S	P ont des scores inférieurs que les DT en "math fluency subtests" ($p < .001$)/En retirant les P avec déficience neurodéveloppementale, ils performant toujours moins bien que les DT en "math fluency subtest" ($p < .05$), ces différences sont maintenues après ajustement pour SES/ P performant moins bien en comptage avant et arrière que DT ($p < .001$)/ 51.8% P contre 32.8% DT sont en dessous du niveau de travail pour le niveau de "Year 1"/P 2 à 3 fois plus souvent jugé par leurs professeurs comme performant moins bien que le niveau moyen de leur année en math ($p < .001$)/ 44% P contre 14% DT classé en dessous de leur niveau, faisant des mathématique la difficulté la plus marquée	15/16
Wocaldo & Rieger, 2008	S	31.3% des P ont DCD (developmental coordination disorder) car score en dessous du 15ème percentile et parmi eux, 40.6% ont une moins bonne réussite en mathématique/Kruskal-Wallis : DCD groupe compétence plus pauvre en mathématique	16/16
Litt et al., 2005	S (Pour les <750g)	Anova : différence significative en math/Avec le QI contrôlé, le groupe <750g score moins bien en math que les autres groupes mais pas de différence entre 750-1499g et le GC/RL : plus de LD en math chez les <750g que chez les autres groupes et taux de LD chez les <750g plus haut que pour le GC (odds ratio = 5.43, 95% confidence interval = 1.43–20.67, $p < .05$)	16/16
Anderson et al., 2003	S	ELBW et P performant moins bien en arithmétique par rapport aux NBW (mean difference, -8.8; $T^{473} = -6.8; P < .001$) et même après le contrôle du QI (adjusted mean difference, -2.8; 95% CI, -4.8 to -0.8; $P = .006$)/ Selon les professeurs, ils progressent plus lentement (mean difference, -10.0; $t^{427} = -6.9; P < .001$)	16/16

McGrath & Sullivan, 2002	S	Moyenne plus haute pour les NBW en arithmétique ((M = 100, SD = 15), la différence de moyenne de score pour les LBW est de 9, VLBW 10 et ELBW 12/ différence entre NBW et ELBW est de une standard deviation = Cliniquement et statistiquement significatif	13/16
Taylor et al., 2002	S (Pour les <750g)	Différence de groupes pour toutes les épreuves présentées/ Tukey Post-hoc : révèle que le groupe <750g obtient des scores inférieurs au GC pour toutes les mesures mais aussi par rapport au 750-1499g + Pas de différence significative en mathématique pour le GC et 750-1499g/ Covariance entre QI et math (F(2,176) ¼ 8.53, p < .01)	15/16
Breslau et al., 2001	S	LBW score en moyenne moins bien que les NBW en "broad math" (Mean (SD) 96.6 (18.5) LBW et 104.7 (17.5) NBW)/11 ans + RL : ajusté pour site, éducation maternelle et statut marital, LBW score 6.1 points (SE = 1.1) de moins que les NBW/ En comparant LBW, VLBW et NBW en math : La différence ajusté entre VLBW et NBW est de 10.9 (SE = 2.0) et entre les "heavier" LBW et NBW 5.2 (SE = 1.2) + La différence en math entre les deux groupes LBW est statistiquement significative (t = 2.85, p = .0046) en contrôlant avec les compétences cognitive à 6 ans, la différence entre VLBW et NBW est réduite mais toujours présente en étant égale à 3.4 points (SE = 1.5; p = .029) mais avec le même contrôle pour les LBW et les NBW, la différence est oblitérée/ (Heavier LBW = 1500 - 2500g et VLBW = <= à 1500g)	16/16
Taylor et al., 2000	S	Anova : Effect principal de la variance groupe identifié pour les "broad math" (F(2, 109) = 11.96, p < .01), avec post-hoc analyse, les résultats sont moins favorables pour le groupe <750g que pour les 750-1499g ou GC. Ces différences sont maintenues même avec le contrôle du QI en covariance	16/16
Total	23/25		

Note. P, enfants nés prématurément ; SLD, Specific Learning Disabilities ; DT ou TD, développement typique ; EPT, extrêmement prématuré ; NBW, normal birth weight ; DM, déficience en mathématiques ; LD, learning disabilities ; FT, full term infants ; GC, groupe contrôle ; DCD, Developmental Coordination Disorder.

Résumé

Contexte : Selon l’OMS, il y aurait 15 millions de naissances d’enfants prématurés par an. Avec les progrès dans le domaine de la médecine, cette population ne cesse de s’accroître. À côté de cela, nous savons à l’heure actuelle que ces enfants présentent des difficultés dans différents domaines cognitifs et physiques. Par ailleurs, des recherches ont montré que les enfants naissent avec des capacités innées pour les nombres (Wynn, 1992) et que ces dernières se perfectionnent pendant leur enfance (Gelman et Gallistel, 1978). La combinaison de ces deux domaines à former notre question de recherche : quel est le profil d’apprentissage numérique et arithmétique (chaîne numérique verbale, dénombrement, cardinalité et opérations arithmétiques) des enfants nés prématurément âgés de 0 à 12 ans en comparaison aux enfants nés à terme ?

Méthodologie : Ce mémoire repose sur la mise en place d’une revue de littérature de type systématique. Des descripteurs ainsi que des critères d’inclusions et d’exclusions ont été choisis afin de constituer une stratégie de recherche utilisable sur deux bases de données. Cette dernière a fait ressortir 387 références qui ont été triées deux fois. Après ces phases de tri, 25 articles ont été sélectionnés selon des critères d’éligibilités réfléchis au préalable pour être analysés et interprétés.

Résultats et discussion : L’analyse de ces 25 références a relevé que 23 semblent montrer un effet significatif de la prématurité sur les apprentissages numériques et arithmétiques chez les enfants âgés de 0 à 12 ans et donc un profil d’apprentissage différent. Ces enfants présenteraient des scores et des performances plus faibles que ceux des enfants nés à terme. Cet effet serait présent pour la litanie, le dénombrement et l’arithmétique. La cardinalité serait touchée aussi mais elle n’est étudiée que dans 3 références alors que les compétences arithmétiques semblent être beaucoup plus étudiées avec une présence dans 22 références. De plus, l’apprentissage de la lecture ainsi que la motricité semble être altérés aussi. Les auteurs ont proposé des facteurs explicatifs comme des fonctions exécutives ou une vitesse de traitement plus faible tandis que le QI ne serait pas un des facteurs principaux. En outre, nous avons constaté que les difficultés ne semblaient pas être spécifiques à un seul type de prématurité. Finalement, ces difficultés ne sont pas irrémédiables et des plans d’action sont envisageables. Pour conclure, l’ensemble de ces résultats ont été discutés et mis en lien avec les limites méthodologiques de notre recherche.