

DEPARTEMENT ORTHOPHONIE
FACULTE DE MEDECINE
Pôle Formation
59045 LILLE CEDEX
Tél : 03 20 62 76 18
departement-orthophonie@univ-lille.fr



 Université
de Lille

 ufr35 faculté
de méde

MEMOIRE

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

Fleur CHARLEMAGNE

Qui sera soutenu publiquement en juin 2023

**Conseils et activités de stimulation en
mathématiques à destination des parents d'enfant
d'âge préscolaire**

Contribution à l'élaboration de la plateforme de prévention « LOLEMATH »

MEMOIRE dirigé par

Sandrine MEJIAS, Maître de conférences, Université de Lille, Lille

Sophie RAVEZ, Orthophoniste et enseignante, Université de Lille, Lille

Lille – 2023

Remerciements

Je souhaite avant tout remercier mes directrices de mémoire, Sandrine Mejias et Sophie Ravez, pour leur accompagnement tout au long de la rédaction de ce mémoire.

Merci d'avance aux membres du jury pour le temps qu'ils consacreront à la lecture de ce mémoire.

Merci à mes maîtres de stage, qui m'ont transmis leurs connaissances, leur savoir-faire et leur expérience avec beaucoup de bienveillance et de pédagogie.

Je remercie également Sonia Boljanic-Lenoir pour m'avoir inspirée à embrasser cette belle profession.

Merci à Oliv pour la relecture de mon travail.

Merci à Lucas pour m'avoir apporté aide et soutien tout au long de cette année.

Enfin, merci à ma famille et à mes amis qui ont su me soutenir et m'encourager malgré les doutes et les difficultés.

Résumé :

Notre expérience avec les nombres commence dès la naissance. L'environnement familial est crucial pour le développement précoce des compétences mathématiques. C'est pourquoi il est important de stimuler l'enfant dès son plus jeune âge et d'aider les parents à maximiser les performances mathématiques de leur enfant. Notre mémoire s'inscrit dans une démarche de prévention et vise à fournir aux parents d'enfant d'âge préscolaire des conseils et activités de stimulation en mathématiques, scientifiquement validés, en réponse à un manque d'informations à leur intention. Pour ce faire, nous avons mené une revue de la littérature en sélectionnant 24 travaux répondant à nos critères de sélection. Parmi ces travaux, certains ont proposé diverses interventions, tandis que d'autres ont utilisé des questionnaires pour recueillir les activités pratiquées fréquemment à domicile. Des évaluations mathématiques ont permis de mesurer l'efficacité de chaque activité en regard des différentes compétences mathématiques. Nous avons observé que les jeux de plateau, les jeux mathématiques, le discours parental et d'autres activités diverses peuvent impacter positivement les habiletés mathématiques. Une influence notable du milieu socio-économique a aussi été observée, liée notamment aux attentes scolaires des parents. Suite à notre analyse, nous avons élaboré une synthèse des conseils et activités de stimulation précoce en mathématiques issus de la littérature. Cette dernière sera accessible sur le site « LOLEMATH » dans une rubrique dédiée aux parents.

Mots-clés : stimulation – compétences mathématiques précoces – enfants d'âge préscolaire – prévention – environnement familial – entraînement mathématique – jeux de société

Abstract :

Our experience with numbers begins at birth. The family environment is crucial for the early development of mathematical skills. Therefore, it is important to stimulate children from an early age and help parents maximize their child's mathematical performance. Our thesis is part of a preventive approach and aims to provide parents of preschool children with scientifically validated math stimulation advice and activities, addressing a lack of information for them. To achieve this, we conducted a literature review, selecting 24 works that met our selection criteria. Among these works, some proposed various interventions, while others used questionnaires to collect frequently practiced activities at home. Mathematical assessments allowed for measuring the effectiveness of each activity in relation to various math skills. We observed that board games, math games, parental discourse, and other diverse activities can positively impact mathematical abilities. A notable influence of the socio-economic background was also observed, particularly related to parents' academic expectations. Following our analysis, we have compiled a summary of advice and early math stimulation activities derived from the literature. This will be accessible on the "LOLEMATH" website in a section dedicated to parents.

Keywords : stimulation – early mathematical skills – preschool children – prevention – family environment – mathematical training – board games

Table des matières

Introduction	1
Contexte théorique.....	2
1. Le développement précoce des compétences liées aux mathématiques	2
1.1 Les capacités numériques chez le jeune enfant	2
1.2 Un modèle développemental de référence de Von Aster et Shalev.....	2
1.3 Les compétences précoces en lien avec les mathématiques	3
1.3.1 La ligne numérique mentale	3
1.3.2 Les compétences visuo-spatiales.....	4
1.3.3 Le langage mathématique	4
1.3.4 La mémoire de travail.....	5
2. Le rôle de l'environnement.....	6
2.1 L'intérêt d'une stimulation précoce.....	6
2.2 L'apport des activités informelles	6
2.3 L'environnement familial	7
2.3.1 Recommandations générales	7
2.3.2 La quantité et la qualité des informations mathématiques partagées	8
2.3.3 Influence de la considération des parents vis-à-vis des mathématiques	8
3. Focus sur le média numérique	9
4. La prévention en orthophonie	10
Buts du mémoire	10
Méthode.....	11
1. Population concernée	11
2. Procédure	11
Revue de littérature	11
1. Caractéristiques des participants	12
2. Évaluations des compétences mathématiques	12
3. Présentation des interventions.....	14
3.1. Organisations des interventions.....	14
3.2. Contenu des interventions.....	15
4. Contenu des questionnaires	16
5. Impact des activités pratiquées selon le type d'activité.....	17
5.1. Effets des activités de type jeux de société	17
5.2. Effets des activités pratiquées sur écran	18
5.3. Effets d'un entraînement visuo-spatial	18
5.4. Effets des jeux mathématiques	19
5.5. Effets du discours sur les mathématiques	19
5.6. Effets de la pédagogie Montessori.....	20
5.7. Effets d'activités annexes.....	20
5.8. L'influence du milieu socio-économique sur les compétences mathématiques ...	20
Discussion	20
1. Observations tirées de notre revue de la littérature	20
2. Contenu créé	24
3. Apports dans la pratique	24

4. Limites de cette revue.....	25
Conclusion	26
Bibliographie.....	27
Liste des annexes	37
Annexe n°1 : Référence des articles de la revue de la littérature	38
Annexe n°2 : Habiletés mathématiques des participants évaluées dans les 24 travaux analysés (présentés par date de parution).....	39
Annexe n°3 : Conseils et activités de stimulation en mathématiques à destination des parents d'enfant d'âge préscolaire	40

Introduction

Dès notre plus jeune âge, les mathématiques font partie intégrante de notre quotidien. En ce sens, les compétences mathématiques impactent de nombreux domaines de la vie de l'enfant et de l'adulte en devenir. Geist (2001) a d'ailleurs affirmé que la culture mathématique commençait dès la naissance. Assurément, les jeunes enfants possèdent déjà certaines capacités liées aux mathématiques, plus ou moins abstraites, notamment en matière de nombres, d'espace et de résolution de problèmes (Baroody et al., 2006 ; Björklund, 2008). L'environnement familial joue un rôle considérable dans le développement de ces compétences. Par exemple, encourager les parents à parler de nombres avec leur tout-petit et leur montrer comment la mise en place d'activités informelles peut impacter positivement les futurs résultats scolaires de leur enfant en mathématiques (Levine et al., 2010). Ainsi, il paraît primordial que les familles soient conscientes de leur rôle et qu'elles sachent comment encourager et stimuler les apprentissages. En effet, une stimulation précoce serait prédictrice d'une réussite scolaire, en sciences et en mathématiques (National Research Council, 2011).

De nombreuses recherches ont étudié les différentes pédagogies employées en milieu préscolaire et scolaire (par exemple, Papadakis et al., 2017). Toutefois, il existe peu d'études montrant aux familles comment favoriser l'apprentissage des mathématiques chez leur enfant (Niklas & Schneider, 2014). Certains programmes incluent les parents en leur suggérant du matériel à utiliser pour promouvoir le développement de concepts de base en mathématiques. Par exemple, on retrouve Big Math for Little Kids (Balfanz et al., 2003) ou encore Building Blocks (Clements & Sarama, 2007) qui partagent aux familles des ressources et activités renforçant l'apprentissage des mathématiques à la maison. Ces programmes évoquent également des stratégies d'enseignement issues de la recherche. Une information sur les performances des jeunes enfants en mathématiques, mais également sur les possibles contextes d'apprentissage quotidiens serait fortement profitable. De plus, cela pourrait prodiguer aux parents la sensation d'être utile, sentiment qui semble parfois être absent chez bon nombre d'entre eux (Cannon & Ginsburg, 2008). De ce fait, fournir à l'entourage des exemples concrets d'activités à réaliser au quotidien, de manière à maximiser les compétences et l'intérêt des enfants pour les mathématiques, semble essentiel.

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet intitulé « LOLEMATH » et mené au sein de l'Université de Lille. Ce projet a pour objectifs la mise à disposition d'outils de repérage (en langage écrit, langage oral et cognition mathématique), de recueillir des données transversales et longitudinales à propos du développement des enfants, et de mettre à disposition ces informations au travers d'une plateforme informatisée à destination des parents, professeurs des écoles et professionnels de santé. Cette plateforme diffusera également d'autres informations, telles que des repères développementaux ou des conseils de stimulation. Notre mémoire permettra de mettre en avant des conseils et activités de stimulation, validés scientifiquement, dans le domaine des mathématiques. Il s'inscrit dans une démarche de prévention, qui fait partie des champs d'intervention de l'orthophoniste.

Dans la première partie, théorique, nous aborderons tout d'abord le développement précoce des compétences mathématiques, puis nous nous orienterons sur le rôle de

l'environnement dans l'apprentissage des mathématiques. Nous poursuivrons avec un focus sur l'emploi du média numérique, ainsi qu'un point sur la prévention en orthophonie.

Nous expliquerons par la suite la méthode de sélection des différents articles qui viendront constituer notre revue de littérature narrative. Ensuite, nous présenterons les différentes interventions proposées et les questionnaires partagés aux participants des études sélectionnées. Les effets des activités pratiquées sur les habiletés mathématiques seront synthétisés. Enfin, nous pourrions étudier et discuter les résultats obtenus.

Contexte théorique

1. Le développement précoce des compétences liées aux mathématiques

De nombreux facteurs interviennent et interagissent lors du développement des habiletés mathématiques chez les enfants d'âge préscolaire. Il semble alors primordial d'identifier et d'entraîner ces compétences, le plus précocement possible, afin d'optimiser les futurs apprentissages en mathématiques.

1.1 Les capacités numériques chez le jeune enfant

Piaget et Szeminska (1941) considéraient que l'enfant avait tardivement accès au sens du nombre. Cependant, depuis plusieurs dizaines d'années, des travaux menés chez le bébé concernant les aptitudes numériques et arithmétiques, en neuropsychologie, en neuro-imagerie et en génétique ont remis ce postulat en question (Butterworth, 2005).

Trois grandes aptitudes ont été observées chez les bébés : la discrimination de quantités, l'appariement de collections selon leur taille et la manipulation de quantités (Barrouillet & Camos, 2006). De nombreuses études suggèrent que les représentations analogiques sont innées chez le bébé et l'animal. Ils sont ainsi capables d'extraire la numérosité de ces ensembles d'éléments (Brannon, 2006) et de les manipuler afin de réaliser des calculs simples, tels que « $1 + 1 = 2$ » ou « $2 - 1 = 1$ » (Wynn, 1992).

Ultérieurement, on observe des capacités informelles en mathématiques chez les jeunes enfants. Vers quatre ans, ces derniers sont capables de résoudre de façon exacte des problèmes additifs faisant intervenir des quantités allant jusqu'à huit (Levine et al., 1992). Ces enfants mettent ensuite en place des stratégies de comptage, d'automatisation des procédures de comptage et de récupération en mémoire (Barrouillet & Camos, 2006).

1.2 Un modèle développemental de référence de Von Aster et Shalev

Selon Von Aster et Shalev (2007), il existe quatre étapes importantes dans le développement du traitement du nombre. Chaque étape correspond à l'acquisition d'une nouvelle compétence entraînant une nouvelle représentation du nombre qui s'appuie sur la précédente. Par ailleurs, l'ordre des étapes n'est pas tout à fait hiérarchique, les retours en arrière

étant possibles. Ces derniers enrichissent les étapes précédentes et font naître de nouvelles connaissances.

La première étape est innée et se traduit par une représentation analogique de la quantité (système basique de la magnitude). Le bébé est capable de « subitizer », c'est-à-dire d'appréhender de petites numérosités (de 1 à 4). Par ailleurs, il peut appairer deux collections selon leur taille et manipuler de grandes quantités.

Durant la deuxième étape, soit à la période préscolaire, les mots-nombres sont appris (« un, deux, trois ... »). Le système numérique verbal se met en place avec l'apprentissage de la comptine numérique, puis du dénombrement (Geary, 2000). Le système numérique arabe va ensuite se développer à l'école primaire (troisième étape du modèle développemental) avec l'introduction des chiffres arabes. Enfin, la dernière étape est la représentation de la quantité sous forme d'une « ligne numérique mentale » orientée dans l'espace de gauche à droite. Elle permet notamment de situer un nombre par rapport à un autre et d'assimiler la notion d'ordinalité. C'est ce qu'on appelle « le sens du nombre » (Dehaene, 1992). Selon Santos et ses collègues (2022), en comparaison des autres modèles existants, ce modèle en quatre étapes serait le plus adapté pour rendre compte du développement des compétences mathématiques et des difficultés de cognition mathématique.

En parallèle de ces étapes, la mémoire de travail joue un rôle crucial dans le développement cognitif de l'enfant, ainsi que dans l'acquisition de ses compétences mathématiques. Au fil des années, la mémoire de travail se développe grâce à la plasticité cérébrale et permet notamment une meilleure précision de la ligne numérique (Gelman & Gallistel, 2004).

1.3 Les compétences précoces en lien avec les mathématiques

Nous aborderons, ici, l'importance de certaines habiletés liées au développement des compétences mathématiques chez les jeunes enfants. Chacun de ces éléments semble jouer un rôle crucial dans la façon dont les enfants appréhendent et maîtrisent les concepts mathématiques, et leur exposition précoce à ces compétences peut avoir un impact significatif sur leurs performances académiques ultérieures.

1.3.1 La ligne numérique mentale

Nous nous représentons naturellement les numérosités sur une droite orientée dans l'espace, appelée « ligne numérique mentale ». Comme nous l'avons vu précédemment, elle constitue la quatrième étape du modèle de Von Aster et Shalev (2007). Cependant, elle apparaîtrait plus tôt, soit avant l'école primaire, bien qu'elle ne soit pas encore totalement efficace (Yuan et al., 2020). Le développement de la connaissance des nombres rend progressivement cette représentation plus linéaire (Ramani & Siegler, 2008). Son organisation est même en lien avec les performances numériques des enfants (Geary et al., 2012), c'est pourquoi un entraînement spécifique de placement de nombres sur une ligne numérique semble utile. La tâche d'estimation de X sur une ligne numérique consiste en une ligne dont seuls le début et la fin sont marqués d'un nombre (exemple : de 0 à 100). Le participant doit alors placer

un nombre donné (souvent présenté sous forme arabe) sur la ligne. Cette tâche permet d'évaluer le sens du nombre (Dehaene et al., 2004) et le niveau de développement de l'enfant dans la compréhension de la magnitude numérique (Schneider et al., 2018). La magnitude peut être définie comme « la représentation de la quantité d'une dimension donnée, pouvant s'appréhender sur un continuum (« plus que, moins que » ; Pressigout, 2019, p. 17). La tâche de placement de nombres sur une ligne numérique semble associée aux compétences mathématiques plus complexes (Siegler, 2016), comme l'arithmétique (Booth & Siegler, 2008 ; Torbeyns et al., 2015) ou le comptage (Booth & Siegler, 2008 ; Östergren & Träff, 2013). En effet, une corrélation a été remarquée entre les performances des enfants à l'épreuve de placement de nombres arabes sur des lignes numériques et les résultats aux tests standardisés de réussite scolaire (Ashcraft et Moore, 2012). En outre, la ligne numérique mentale permettrait de comprendre le lien entre les capacités générales en mathématiques et les compétences visuo-spatiales (Gunderson et al., 2012).

Ramani et Siegler (2014) ont d'ailleurs évalué, chez des enfants d'âge préscolaire, l'effet sur les performances mathématiques de la pratique de jeux de société organisés linéairement, en les comparant à des jeux de société organisés de façon circulaire. Ils ont retrouvé des améliorations plus marquées, en particulier lors des tâches de comparaison de quantités, d'identification de chiffres et d'apprentissage général de l'arithmétique.

1.3.2 Les compétences visuo-spatiales

Dès le plus jeune âge, les nombres et l'espace sont automatiquement associés. Premièrement, un lien a été retrouvé entre les représentations numériques et les représentations spatiales puisqu'elles provoquent l'activation d'aires cérébrales similaires, en particulier au niveau du sillon intrapariétal (Hubbard et al., 2005). De plus, de nombreux auteurs ont montré que les compétences visuo-spatiales des jeunes enfants pouvaient être prédictives des compétences mathématiques ultérieures (Cornu et al., 2018 ; Lachance & Mazzocco, 2006 ; Mix et al., 2016), notamment en arithmétique (Verdine et al., 2014). Certains chercheurs ont même avancé que les habiletés visuo-spatiales joueraient un rôle majeur dans l'apprentissage de nouveaux concepts mathématiques, tandis que leur importance serait moindre lorsque les faits arithmétiques seraient ancrés en mémoire à long terme (Mix et al., 2016). Ainsi, un entraînement précoce des habiletés visuo-spatiales semble utile. À ce propos, Hawes et ses collègues (2017) ont effectué un entraînement visuo-spatial sur des enfants âgés de 4 à 7 ans dans le but d'analyser son impact sur les compétences mathématiques. Les auteurs ont noté une amélioration significative en comparaison de nombres symboliques.

Par ailleurs, diverses activités telles que des jeux de blocs (construction de structures avec contraintes spécifiques), des puzzles ou encore des jeux vidéo peuvent aider l'enfant à enrichir ses compétences visuo-spatiales (Jirout & Newcombe, 2015 ; Levine et al., 2012).

1.3.3 Le langage mathématique

Le langage mathématique est la compréhension par les enfants des mots clés en mathématiques (Barner et al., 2009 ; Pruden et al., 2011). Il permet notamment d'explicitier les

tailles, les formes, les chiffres, les relations, les directions et les quantités (Geist, 2001). La compréhension du langage mathématique est essentielle au développement des compétences mathématiques, en particulier pour le comptage verbal, la correspondance terme à terme, l'identification des chiffres, la cardinalité, les comparaisons d'ensembles, l'ordre stable et la résolution de problèmes (Hornburg et al., 2018). L'acquisition de certains termes mathématiques, comme les mots quantitatifs « plus » et « moins », serait un précurseur de la compréhension de concepts numériques plus complexes (Barner et al., 2009).

Pendant la petite enfance, l'utilisation du langage mathématique par les parents permet d'augmenter les compétences numériques des enfants (Ramani et al., 2015). Par exemple, leur demander de comparer plusieurs objets ou quantités initie les concepts de « plus », « moins » et « autant » (Geist, 2001). Un environnement familial interactif est donc important dans l'acquisition du lexique mathématique (Björklund, 2008).

1.3.4 La mémoire de travail

La mémoire de travail permet la manipulation et le maintien temporaire d'informations lors d'une tâche. Selon le modèle de Baddeley (2000), elle se compose de quatre éléments : la boucle phonologique (qui traite l'information verbale), le calepin visuo-spatial (qui stocke l'information visuo-spatiale), le buffer épisodique (qui permet de stocker l'information en mémoire à long terme) et l'administrateur central (qui coordonne les trois autres composants). La mémoire de travail contribue à l'apprentissage scolaire et plus spécifiquement au développement des habiletés mathématiques (Friso-Van den Bos et al., 2013 ; Geary, 2011 ; Nyroos & Wiklund-Hörnqvist, 2012). De plus, comme nous l'avons vu précédemment, la mémoire de travail, incluse dans le modèle développemental de Von Aster et Shalev (2007), permet l'acquisition de nouvelles compétences mathématiques.

De nombreuses études ont constaté que le calepin visuo-spatial est sollicité lors du développement mathématique chez les enfants d'âge préscolaire. La mémoire de travail visuo-spatiale est ainsi un prédicteur de certaines compétences mathématiques, comme l'arithmétique (Bull et al., 2008 ; Peng et al., 2016) et la résolution de problèmes non-verbaux (Sherman, 2005 ; Rasmussen & Bisanz, 2005). En contrôlant d'autres variables cognitives et académiques, telles que les compétences en arithmétique, l'intelligence fluide, la mémoire à court terme ou encore l'inhibition, Swanson et Beebe-Frankenberger (2004) ont montré que les capacités en mémoire de travail prédisaient les performances des enfants en résolution de problèmes verbaux.

En résumé, de nombreux domaines contribuent conjointement au développement des compétences mathématiques, avec parfois des interactions entre eux, comme c'est le cas pour la ligne numérique mentale et les compétences visuo-spatiales. Il semble donc crucial de stimuler et renforcer ces prérequis dès le plus jeune âge afin de faciliter l'acquisition des habiletés mathématiques ultérieures. L'environnement familial joue ainsi un rôle primordial en tant que socle de la stimulation précoce de ces compétences fondamentales.

2. Le rôle de l'environnement

L'environnement dans lequel l'enfant évolue joue un rôle considérable dans le développement de ses compétences en mathématiques. Hascoët et ses collègues (2021) ont montré l'influence du milieu socio-économique et éducatif de la famille, ainsi que l'exigence des parents concernant les résultats scolaires de leur enfant, sur leurs futurs résultats en mathématiques.

2.1 L'intérêt d'une stimulation précoce

Dès leur plus jeune âge, les enfants développent de nombreuses habiletés mathématiques. La majorité des chercheurs recommande un maximum de stimulation durant la période préscolaire : elle constitue une étape importante pour le développement ultérieur des enfants (Deldime & Vermeule, 2004). En effet, plusieurs études ont démontré qu'une stimulation précoce était primordiale pour faciliter la future réussite mathématique (Aunola et al. 2004 ; Bernabini et al., 2020 ; Hannula & Lehtinen, 2005).

2.2 L'apport des activités informelles

Les activités informelles, telles que les jeux de société, peuvent fournir aux enfants des informations numériques importantes (Ramani & Siegler, 2011). Participer à des activités informelles peut alors encourager le développement numérique précoce des enfants. Ainsi, les jeux de société seraient essentiels et permettraient aux parents de favoriser l'expression de leur enfant (s'exercer à compter, identifier les chiffres...).

Une étude a été menée auprès d'enfants scolarisés dans une école maternelle, où l'enseignement est basé sur le jeu (Reikerås et al., 2012). Cette dernière avait pour but d'identifier les compétences mathématiques impliquées dans le jeu et les activités de la vie courante. On retrouve parmi elles le comptage, le dénombrement, la résolution de problèmes, le raisonnement logique et le langage mathématique. En effet, lancer les dés, convertir les points du dé en nombre et utiliser ce dernier pour évaluer la distance à parcourir afin d'avancer leur pion sont des moyens pour l'enfant de s'entraîner à compter et développer son sens du nombre (Ramani & Siegler, 2011). Une autre étude, réalisée avec des enfants d'âge préscolaire, a évalué l'impact de la pratique d'un jeu de société numérique (Ramani & Siegler, 2008). C'était un jeu constitué d'une rangée de carrés numérotés de 1 à 10 et disposés de façon linéaire. À la suite de quatre sessions de 15 à 20 minutes de pratique, les enfants se sont fortement améliorés à la fois en comptage, en comparaison et identification de nombres arabes, et ont renforcé leurs représentations numériques mentales.

Une corrélation a été constatée entre la fréquence de participation des enfants à des activités liées aux mathématiques à la maison et leurs compétences en mathématiques (LeFevre et al., 2009). Ces enfants étaient plus rapides pour additionner (fluence arithmétique) lorsque les parents avaient déclaré pratiquer fréquemment des activités ou jeux liés au calcul. En effet, les activités informelles, comme les jeux de société ou encore la cuisine (mesure de quantités), permettent aux enfants d'être plus à l'aise avec les nombres et de développer leurs habiletés

numériques de base. L'étude a également montré que l'utilisation en maternelle de livres d'histoires impliquant des nombres a permis aux enfants d'améliorer leurs compétences de calcul. Les livres ayant un contenu mathématique implicite peuvent, en effet, constituer une ressource non négligeable pour l'initiation aux mathématiques à la maison (Ginsburg et al., 2012).

De nombreux auteurs soutiennent que l'apprentissage des mathématiques doit être ludique, se placer dans des contextes motivants et être un élément essentiel dans la vie des enfants (Geist, 2001 ; LeFevre et al., 2009). La musique peut également être un bon outil pour entrer dans les mathématiques (Geist, 2001). Par exemple, dès la naissance, les parents peuvent se servir de tambours en utilisant leurs battements pour familiariser le tout-petit avec les mathématiques. Ils invitent alors l'enfant à répéter les battements réalisés. Cela peut l'aider à comprendre certains principes du dénombrement, dont la correspondance terme à terme.

Plusieurs sites internet de vulgarisation scientifique (e.g. Dupuis-Brouillette & St-Jean, 2016 ; Naître et grandir, 2018 ; Zerotothree, 2016) ou revues préscolaires (e.g. April et al, 2017) partagent aux parents des activités censées stimuler leur jeune enfant en mathématiques. Les auteurs conseillent notamment à l'adulte d'amener l'enfant à parler et réfléchir sur les nombres (par exemple, « 3 vient après 2 ; 3 c'est 1 de plus que 2 et 1 de moins que 4 » ; Naître et grandir, 2018), compter des objets, jouer avec des formes (comparer, compter les côtés, découper dans du papier), lui faire repérer les nombres qui l'entourent, cuisiner avec l'enfant, utiliser un calendrier pour parler de la date, ou encore lire des livres et chanter des comptines numériques.

2.3 L'environnement familial

2.3.1 Recommandations générales

La National Association for the Education of Young Children (NAEYC) et le National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) ont mis en lumière l'importance d'une instruction en mathématiques de haute qualité et accessible aux enfants de 3 à 6 ans. Elle constitue la base de l'apprentissage futur des mathématiques. Selon Geist (2001), un environnement stimulant permet à l'enfant de développer ses propres concepts mathématiques. Les parents doivent être réceptifs et promouvoir la motivation, l'intérêt, l'engagement et la persistance dans les activités liées aux mathématiques (Ginsburg et al., 2012). L'importance de l'encadrement, dans le but de renforcer les compétences connues et d'en acquérir de nouvelles, a d'ailleurs été mise en évidence (Vandermaas-Peeler & Pittard, 2014). L'intervention de l'adulte favoriserait la compréhension de certains concepts mathématiques et aiderait les enfants à acquérir des capacités plus avancées, comme la comparaison analogique et le principe de cardinalité. La stimulation à la maison favorise fortement le développement des compétences mathématiques et se manifeste des années plus tard sur les résultats scolaires (Melhuish et al., 2008). De plus, les futurs résultats scolaires peuvent être impactés par le discours des parents sur les nombres auprès de leur tout-petit (Levine et al., 2010).

Afin de maximiser leurs futures compétences en mathématiques, il est primordial que les jeunes enfants identifient et verbalisent les stratégies mathématiques qu'ils utilisent (Ginsburg et al., 2012). Pour cela, les parents peuvent offrir un environnement d'apprentissage

stimulant et développer les compétences métacognitives de leur enfant. Il sera alors intéressant de leur montrer comment observer, écouter, les amener à poser des questions et leur proposer des challenges. L'environnement familial doit aussi s'intéresser à ce qui est enseigné à l'école.

2.3.2 La quantité et la qualité des informations mathématiques partagées

Susperreguy et Davis-Kean (2016) ont étudié la quantité d'informations mathématiques émises par la mère, à laquelle les enfants d'âge préscolaire sont exposés. Un an plus tard, ils ont rapporté cela aux capacités mathématiques des enfants. Ainsi, les chercheurs ont pu démontrer que les enfants qui entendaient fréquemment un discours mathématique avaient de meilleures capacités en comparaison de nombres, en calcul, dans les tâches incluant des faits numériques et une meilleure compréhension de concepts. Ces informations, liées aux mathématiques et entendues avant la maternelle, seraient un prédicteur positif de la connaissance numérique et des habiletés dans les tâches mathématiques précoces (Ramani et al., 2015). Aussi, le nombre de conversations entre les parents et les enfants (âgés de 14 à 30 mois) incluant des chiffres de 1 à 10 est corrélé à la compréhension mathématique précoce de ces mêmes enfants à 46 mois, concernant la cardinalité d'un ensemble (Levine et al., 2010).

Outre la quantité, la qualité des discussions des parents sur les mathématiques est également liée aux connaissances numériques précoces (Ramani et al., 2015). Un langage plus complexe entraîne, chez les enfants d'âge préscolaire, une meilleure compréhension numérique et de meilleures capacités de comparaison. Ce discours pourra notamment inclure des notions d'arithmétique, de cardinalité et d'ordinalité. Anders et ses collègues (2012) ont étudié l'influence de la qualité de l'environnement d'apprentissage à domicile chez les enfants d'âge préscolaire et les répercussions sur leurs habiletés en calcul. À la suite de cela, ils ont pu confirmer que la qualité était fortement associée aux compétences en calcul lors de la première année d'école maternelle. De plus, cet atout s'est conservé au fil des années.

Au contraire, de nombreux auteurs ont constaté que les difficultés de certains enfants pouvaient être rapportées à certains facteurs environnementaux. Une étude a été menée pour comparer les performances d'enfants coréens en mathématiques par rapport aux enfants américains (Song & Ginsburg, 1987). Leur choix d'étude s'est porté sur la population coréenne car les parents considèrent que l'instruction ne se fait qu'à partir de l'entrée à l'école. Durant les années préscolaires, les enfants coréens reçoivent ainsi peu de stimulation intellectuelle, surtout en ce qui concerne les mathématiques. Cet environnement ne leur permet pas de profiter de nombreuses occasions de compter ou de comparer des quantités. Cela se répercute alors sur leurs performances en matière de raisonnement logique à l'âge préscolaire, qui ont été inférieures à celles des Américains.

2.3.3 Influence de la considération des parents vis-à-vis des mathématiques

En montrant une posture favorable envers les mathématiques, les parents peuvent être d'une réelle aide (Ginsburg et al., 2012). Cannon et Ginsburg (2008) ont analysé les différentes approches des parents de jeunes enfants en matière d'éveil aux mathématiques. Tout d'abord, ils ont constaté que l'environnement familial s'attardait bien plus sur l'apprentissage du

langage, qu'il considérait primordial, par rapport à celui des mathématiques qu'il jugeait secondaire. En effet, la manière dont les parents considèrent les mathématiques (idées, expériences passées) influence fortement leur façon de les aborder avec leur enfant. Toutefois, par l'intermédiaire d'un questionnaire, les chercheurs ont réussi à souligner que les parents sont bien conscients de leur rôle dans le développement mathématique de leur enfant. Ainsi, de nombreux contextes d'apprentissage à domicile ont pu être observés : repas, trajet à pied de la maison à l'école, utilisation de jouets, vêtements... Les auteurs en ont conclu que des interventions auprès des parents pourraient être bénéfiques pour renforcer l'apprentissage et l'intérêt des enfants pour les mathématiques. Cela maximiserait l'exposition des enfants d'âge préscolaire aux mathématiques.

Enfin, on constate que les futures connaissances en mathématiques sont en partie liées au contexte socio-économique de la famille. Les parents issus de milieux défavorisés fournissent à leur enfant peu d'occasions de se confronter aux mathématiques par rapport aux enfants de milieux socio-économiques moyens et élevés (Starkey et al., 2004). De plus, les parents disposant de faibles revenus auraient moins d'attentes en matière d'apprentissage mathématique (Elliott & Bachman, 2018), ce qui influencerait les futures compétences de leur enfant. Un accompagnement parental apparaît donc indispensable.

3. Focus sur le média numérique

L'emploi du média numérique, dans le but de favoriser les apprentissages chez les jeunes enfants, est controversé depuis de nombreuses années. Plusieurs études montrent qu'une exposition prolongée et précoce aux écrans nuit au développement cognitif, aux apprentissages scolaires et augmente la distractibilité de l'enfant (Clément & Duris, 2017 ; Harlé & Desmurget, 2012).

En revanche, le National Council of Teachers of Mathematics a affirmé dans ses Principes et Normes pour l'Enseignement des Mathématiques : « La technologie est essentielle dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ; elle influence les mathématiques enseignées et améliore l'apprentissage des élèves » (National Council of Teachers of Mathematics, 2011).

L'utilisation du numérique peut permettre de travailler spécifiquement les compétences mathématiques, mais également de rendre l'apprentissage plus motivant (Moeller et al., 2015) que les supports papier. De plus, le média numérique peut favoriser l'évaluation des performances de l'enfant et lui fournir immédiatement un feed-back, ce qui renforce les acquisitions sur le plan cognitif (Cameron & Dwyer, 2005). Selon Villemonteix et ses collègues (2014), la tablette numérique maintient l'attention de l'enfant et améliore sa compréhension par l'intermédiaire du multimédia (films, animations...). Ainsi, des entraînements des compétences mathématiques sur des enfants de 4 à 7 ans ont été réalisés grâce à des tablettes numériques (Cornu et al., 2019). Les résultats ont notamment montré que leur emploi pouvait contrebalancer les difficultés dues à un milieu socio-économique défavorisé. Cependant, Desmurget (2019) s'oppose à l'utilisation d'écrans chez l'enfant de moins de six ans, qu'il juge

inutile. Il préconise plutôt aux parents de lire des histoires, d'interagir avec leur enfant ou encore d'encourager la pratique d'activités sportives ou artistiques.

4. La prévention en orthophonie

La prévention fait partie du décret d'actes des orthophonistes : « la rééducation orthophonique est accompagnée, en tant que de besoin, de conseils appropriés à l'entourage proche du patient » (Article 4 du décret d'actes des orthophonistes n° 2002-721 du 2 mai 2002 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession d'orthophoniste, 2002).

Par ailleurs, un bilan orthophonique nommé « bilan de prévention et d'accompagnement parental » a récemment été mis en place (convention nationale des orthophonistes, article 7 bis, 2022). Il permet à la famille et au patient de recevoir des conseils de prévention, un accompagnement et si besoin, d'être orienté vers un autre professionnel de santé.

Buts du mémoire

Ce mémoire fait partie du projet LOLEMATH, aussi nous présenterons les buts du projet, ainsi que ceux propres à ce mémoire.

Les objectifs du projet sont les suivants :

1. Validation et collecte de données au test de langage écrit Professeurs des Écoles, Repérages Langage Écrit (PERLE, ex. Deprey & Renard, 2007), au test de langage oral GAPS version française (ex. Mallet, 2020 ; Ribeiro, 2016 ; Rousseau, 2020), mais également au test de cognition mathématique (Test des prérequis mathématiques, Mejias et al., 2019), en vue d'établir des normes pour ces deux outils, afin que les professeurs des écoles puissent repérer les enfants « à risque » de développer des difficultés dans l'un de ces domaines ou un trouble des apprentissages.

2. Participation au développement d'un site internet mettant à disposition ces trois tests une fois finalisés, des informations concernant notamment le développement du langage oral, écrit et des compétences mathématiques ou encore des activités de stimulation de ces trois champs de compétences. Ce site sera à destination des professeurs des écoles, des parents et des médecins de l'Éducation Nationale.

L'objectif de ce mémoire est le suivant :

Propositions d'activités de stimulation et conseils basés sur de l'information issue de la littérature et scientifiquement validée. Le but est de favoriser le développement des compétences mathématiques dès le plus jeune âge. Ces ressources seront à destination des parents d'enfants d'âge préscolaire (âgés de moins de 6 ans) et partagées sur le site internet du projet. Ce mémoire s'inscrit ainsi dans un but de prévention.

Méthode

1. Population concernée

Nous avons décidé de cibler les parents d'enfants d'âge préscolaire (c'est-à-dire les enfants âgés de moins de 6 ans). Notre choix s'est porté sur cette tranche d'âge car, comme évoqué plus tôt, des stimulations précoces se révèlent être de réelles valeurs ajoutées au développement des compétences mathématiques.

2. Procédure

Dans un premier temps, nous avons effectué une recherche d'articles scientifiques afin de proposer les meilleures activités et conseils de stimulation en mathématiques. Les critères de sélection étaient les suivants : les articles pouvaient être rédigés en langue française ou anglaise. Ils devaient étudier l'impact d'activités pouvant être pratiquées à la maison, sur les performances mathématiques. La population étudiée devait être des enfants d'âge préscolaire. Ont été exclus les articles traitant de troubles associés ou de comorbidités (e.g. déficience intellectuelle, anxiété mathématique). À partir de ces critères, une recherche a été effectuée à l'aide des bases de données scientifiques PubMed, Lillocat, Connected Papers et Google Scholar. Les différentes recherches par mots-clefs comportaient les termes suivants : Preschool children AND Mathematical stimulation, Early Development and Parenting, Home Numeracy Environment, Early Mathematical Skills. D'autres articles ont été repérés au cours de la rédaction de la partie théorique de ce travail, dans les bibliographies des articles lus. Au total, 24 travaux ont été retenus. Les références de ces articles sont réunies en Annexe 1. Parmi eux, on trouve également neuf mémoires de master issus du projet Kids e-stim.

L'objectif final est de diffuser, sur la plateforme informatisée « LOLEMATH », des conseils et activités de stimulation validés scientifiquement, pour les parents, en lien avec nos recherches. Nous avons la volonté de présenter des activités simples à mettre en place mais également adaptées à l'environnement familial et à son contexte informel, avec pour seul matériel des objets du quotidien.

Revue de littérature

Suite à la lecture des articles, nous avons pu constater que certains chercheurs ont proposé aux participants diverses interventions, dans le but d'étudier l'impact de ces dernières sur les performances mathématiques. D'autres ont préféré étudier, par le biais d'un questionnaire, l'impact des activités réalisées régulièrement au domicile familial.

1. Caractéristiques des participants

Tableau 1. Tranche d'âge, classe et nombre des participants pour les 24 travaux analysés (présentés par date de parution).

Auteur(s)	Tranche d'âge des participants en années	Classe des participants (équivalent français)	Nombre de participants
Blevins-Knabe et Musun-Miller (1996)	4-6	GSM	49
Benigno et Ellis (2004)	3-4	MSM-GSM	35
Lillard et Else-Quest (2006)	5	Classe multi-âges	55
Wilson et al. (2009)	4-6	GSM	53
LeFevre et al. (2009)	4-5	GSM	47
DeFlorio et Beliakoff (2015)	2-4	PSM-MSM	178
Ramani et al. (2015)	3-5	PSM-GSM	33
Benavides-Varela et al. (2016)	5-6	GSM	110
Honoré et Noël (2016)	5-6	GSM	56
Del Río et al. (2017)	5-6	GSM	178
Elofsson et al. (2018)	5-6	GSM	53
Boisdron (2019)	4-6	MSM-GSM	157
Chambon (2019)	3-7	MSM-GSM	158
Cohrssen et Niklas (2019)	3-4	PSM-GSM	79
Jomard (2019)	3-7	MSM-GSM	156
Leyva (2019)	3-5	MSM-GSM	210
Mohamed (2019)	3-7	MSM-GSM	157
Renaud (2019)	3-7	MSM-GSM	157
Robert (2019)	3-7	MSM-GSM	136
Vasseur (2019)	3-7	MSM-GSM	148
Morlet (2020)	3-7	MSM-GSM	101
Pinède (2020)	3-7	MSM-GSM	101
Verbruggen et al. (2021)	Non renseignée	PSM-GSM	8632
Miller et al. (2022)	4-5	Non renseignée	128

Le tableau 1 rassemble l'âge, la classe et le nombre des participants pour les 24 travaux analysés, présentés par date de parution. Le nombre de sujets ayant participé aux travaux analysés varie de 33 à 210 (si l'on exclut la revue systématique de Verbruggen et al., 2021). La classe des participants s'étend de la petite section à la grande section de maternelle. On note, cependant, un groupe d'enfants scolarisés dans une classe « multi-âges » faisant partie d'une école Montessori (Lillard & Else-Quest, 2006). L'âge des participants de l'ensemble des travaux analysés varie de 3 ans et 1 mois à 7 ans et 2 mois.

2. Évaluations des compétences mathématiques

L'ensemble des enfants des différents travaux analysés ont pris part à des tests afin d'obtenir des informations sur leurs capacités mathématiques. Leurs résultats étaient ensuite comparés aux activités qu'ils pratiquaient, à domicile ou par le biais d'entraînements proposés par les chercheurs. Lorsqu'un entraînement avait lieu, des tests étaient réalisés avant et après ce dernier.

Les évaluations des compétences mathématiques diffèrent selon les études. Le tableau 2 (disponible en Annexe 2) rassemble les différents domaines évalués chez les participants de chaque étude. La plupart des études évaluent la comparaison, le comptage, le dénombrement, l'arithmétique et le transcodage.

La connaissance de la chaîne numérique est évaluée via le comptage libre (Benavides-Varela et al., 2016 ; Benigno & Ellis, 2004 ; Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; Cohrssen & Niklas, 2019 ; Elofsson et al., 2018 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Ramani et al., 2015 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019 ; Wilson et al., 2009), à partir d'une borne (Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019), entre deux bornes (Wilson et al., 2009), le comptage par sauts (Benigno & Ellis, 2004 ; Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996) et le comptage à rebours (Benavides-Varela et al., 2016 ; Benigno & Ellis, 2004 ; Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; Cohrssen & Niklas, 2019 ; Elofsson et al., 2018 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019). Concernant le dénombrement, certains travaux ont évalué spécifiquement la compréhension du principe de cardinalité (Benigno & Ellis, 2004 ; Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; DeFlorio & Beliakoff, 2015), du principe d'ordinalité (Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; Cohrssen & Niklas, 2019 ; DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; LeFevre et al., 2009 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019) ou encore du principe de la correspondance terme à terme (Benavides-Varela et al., 2016). L'étude de Ramani et ses collègues (2015) a évalué l'ensemble des principes du dénombrement de Gelman (Gelman & Gallistel, 1986).

La comparaison symbolique a été évaluée avec l'utilisation de nombres arabes (Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; Honoré & Noël, 2016 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019 ; Wilson et al., 2009) et de nombres verbaux oraux (Honoré & Noël, 2016 ; Ramani et al., 2015 ; Wilson et al., 2009). Certains travaux ont proposé une tâche de comparaison analogique (Benavides-Varela et al., 2016 ; Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; Honoré & Noël, 2016 ; Jomard, 2019 ; Miller et al., 2022 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019 ; Wilson et al., 2009).

Concernant l'arithmétique, des tâches d'additions et/ou de soustractions avec présentation symbolique (arabe ou verbale) ont été proposées dans l'ensemble des études. Cependant, on retrouve aussi des tâches d'additions et/ou de soustractions avec présentation non-symbolique (Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; Jomard, 2019 ; Honoré & Noël, 2016 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019).

Des tâches de placement d'une quantité sur une ligne numérique ont également été utilisées selon différents paramètres. La longueur de la ligne pouvait varier : de 0 à 10 (Benavides-Varela et al., 2016 ; Elofsson et al., 2018 ; Ramani et al., 2015), de 0 à 20 (Benavides-Varela et al., 2016 ; Boisdrón, 2019 ; Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019), de 1 à 20 (Honoré & Noël, 2016) ou de 0 à 100 (Elofsson et al., 2018). La quantité à placer pouvait être présentée sous

forme de nombres arabes (Boisdron, 2019 ; Chambon, 2019 ; Honoré & Noël, 2016 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Ramani et al., 2015 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019, Vasseur, 2019), de nombres verbaux oraux (Benavides-Varela et al., 2016 ; Boisdron, 2019 ; Chambon, 2019 ; Elofsson et al., 2018 ; Mohamed, 2019 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019, Vasseur, 2019) ou encore d'une quantité analogique (Honoré & Noël, 2016).

Une épreuve d'appariement de nombres arabes à des quantités analogiques a également été proposée dans certaines études (DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; Jomard, 2019 ; Wilson et al., 2009). Elle permet d'évaluer l'accès au sens du nombre via les codes symboliques. Le transcodage a été évalué en grande majorité par le biais d'une tâche de lecture de nombres arabes. Seules les études ayant utilisé la batterie TEMA-2 (Test of Early Mathematics Ability, Ginsburg & Baroody, 1990) ont proposé un subtest d'écriture de nombres arabes (Benigno & Ellis, 2004 ; Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996). D'autres batteries ont été utilisées pour évaluer les compétences mathématiques des participants : la Woodcock-Muñoz III (Schrank et al., 2005), la Woodcock-Johnson III Tests of Achievement (Woodcock et al., 2001), la Child Math Assessment (Klein & Starkey, 2000) et le KeyMath Test-Revised, Form B (Connolly, 2000). Concernant les mémoires du projet Kids e-stim, les tests sont issus d'un protocole élaboré par une équipe luxembourgeoise qui a effectué des entraînements sur outils numériques (Cornu et al., 2017).

Miller et al. (2022) ont ajouté des subtests en rapport avec l'argent. Les participants ont dû identifier la valeur de pièces de monnaie et de billets, mais aussi effectuer des comparaisons de magnitudes et des calculs par le biais de problèmes mathématiques liés à l'argent.

3. Présentation des interventions

3.1. Organisation des interventions

Parmi les travaux sélectionnés, certains ont proposé aux participants un entraînement pour déterminer si les activités proposées permettaient d'augmenter les performances en mathématiques, chez les enfants de maternelle (Boisdron, 2019 ; Chambon, 2019 ; Cohrssen & Niklas, 2019 ; Elofsson et al., 2018 ; Honoré & Noël, 2016 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019 ; Wilson et al., 2009).

Les durées d'intervention étaient assez variables d'une étude à l'autre. Cela pouvait aller de trois semaines (Elofsson et al., 2018) à environ quatre mois d'intervention (Cohrssen & Niklas, 2019). La durée d'intervention moyenne globale était d'environ neuf semaines. La majorité des études proposait une à deux sessions d'entraînement par semaine. Une seule d'entre elles proposait moins d'une séance par semaine (Wilson et al., 2009). Enfin, la durée des séances variait de vingt minutes (Chambon, 2019 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Wilson et al., 2009) à trente minutes (Boisdron, 2019 ; Elofsson et al., 2018 ; Honoré & Noël, 2016).

3.2. Contenu des interventions

Les interventions proposaient des contenus très variés. Dans plusieurs mémoires de master (Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019), trois groupes ont été constitués parmi les participants. Dans deux groupes, un entraînement des compétences mathématiques était proposé, cependant, l'un utilisait du matériel manipulable (jeux de plateau à nombres linéaires, jetons, dés et cartes), tandis que l'autre disposait d'une tablette numérique. Les activités avaient pour but la stimulation de différentes représentations numériques (arabe et analogique pour le support tablette ; auditivo-verbale, arabe et analogique pour le groupe jeux de plateau). Le dernier groupe bénéficiait d'un entraînement des compétences visuo-spatiales sur tablette numérique. Les participants réalisaient ainsi des tâches de manipulation, d'orientation, de reproduction et de complétion de formes géométriques. D'autres mémoires participant au même projet ont effectué les mêmes entraînements, cependant, seuls deux groupes sur trois ont été étudiés (Boisdron, 2019 ; Chambon, 2019).

Honoré et Noël (2016) ont élaboré un programme d'entraînement sur tablette tactile. Ces derniers avaient composé un groupe de participants bénéficiant d'un entraînement dit « symbolique » avec des tâches de comparaison de nombres arabes et placement de nombres arabes sur une ligne numérique, et un groupe dit « non-symbolique » avec des tâches de comparaison de collections de points et placement d'une quantité analogique sur une ligne numérique.

Le logiciel d'entraînement « The Number Race » a été conçu par Wilson et ses collègues (2009) spécialement pour leur étude. Il propose des tâches destinées à améliorer le sens du nombre, l'accès au sens du nombre via les codes symboliques et à augmenter les faits arithmétiques stockés en mémoire à long terme. De plus, il est doté d'un algorithme qui adapte continuellement la difficulté des tâches en fonction des performances de l'enfant. Les chercheurs ont alors constitué deux groupes. L'un a utilisé en premier le logiciel mathématique « The Number Race » puis, dans un deuxième temps, un logiciel de lecture. L'autre a commencé avec le logiciel de lecture, pour finir avec « The Number Race ». Quel que soit son groupe d'entraînement, chaque enfant a effectué six sessions avec le logiciel mathématique et quatre sessions avec le logiciel de lecture. Ainsi, les compétences mathématiques des participants ont été testées avant les entraînements, à la moitié de l'étude et après les entraînements.

L'étude de Cohrssen et Niklas (2019) a étudié l'impact de l'intégration d'une série de jeux mathématiques, appelée « NT Preschool Maths Games », au sein du programme préscolaire. Un atelier à destination des enseignants a eu lieu dans le but de les former sur les jeux. Ces derniers s'appuyaient notamment sur la connaissance des nombres, le comptage, la pensée spatiale, les patterns (séquences prévisibles) et l'analyse de données. Aussi, nous savons que les enfants fréquentaient l'école quinze heures par semaine, cependant, le temps d'exposition spécifique aux « NT Preschool Maths Games » n'a pas été quantifié.

Enfin, Elofsson et ses collègues (2018) ont souhaité évaluer l'impact de l'activité physique et de la musique sur le développement précoce des compétences mathématiques. Pour cela, ils ont constitué deux groupes : le premier était entraîné avec des activités numériques communes au programme de grande section maternelle, tandis que le second réalisait des

activités mathématiques nécessitant la pratique de la musique et de compétences motrices (e.g. chansons contenant des opérations, sauts sur ligne numérique...).

4. Contenu des questionnaires

Certains chercheurs ont souhaité mettre en lumière l'influence des expériences mathématiques à domicile par le biais d'un questionnaire.

Tableau 3. Nombre d'activités et aspects abordés dans les questionnaires issus des travaux sélectionnés (présentés par date de parution).

Auteur(s)	Nombre d'activités mentionnées	Aspects abordés
Blevins-Knabe et Musun-Miller (1996)	33	Fréquence d'activités numériques réalisées par l'enfant, fréquence des activités parent-enfant, comportement des parents lors de ces activités (tentatives d'enseignement, encouragements)
LeFevre et al. (2009)	40	Fréquence d'implication de l'enfant dans différentes activités (mathématiques, lecture, motricité, etc.), estimation des capacités de comptage de l'enfant, attentes scolaires et attitude des parents par rapport aux mathématiques
DeFlorio et Beliakoff (2015)	12	Types d'activités (loisirs, livres, chansons, jeux), approches utilisées pour stimuler l'enfant en mathématiques, connaissance des capacités en mathématiques d'un enfant de 5 ans, appréciation des parents (contribution de l'environnement familial, de l'école, du jeu spontané, des activités dirigées)
Ramani et al. (2015)	22	Fréquence d'activités liées aux nombres, à la lecture ou au jeu, nombre de livres disponibles à la maison
Benavides-Varela et al. (2016)	9	Activités parent-enfant, activités de l'enfant sans accompagnement, connaissances des enfants sur les faits numériques, comparaison des réponses des enfants et des parents
Del Río et al. (2017)	4	Activités de calcul, importance accordée à l'acquisition de certaines compétences avant le CP
Robert (2019) Vasseur (2019) Morlet (2020) Pinède (2020)	5	Habitudes de jeu des enfants (types d'activités, durée, fréquence), usage de la tablette numérique, utilisation de jeux de plateau
Miller et al. (2022)	Pas d'activité proposée	

Le recueil des activités pratiquées à domicile s'est fait essentiellement via des questionnaires papier, à l'exception d'une étude (Miller et al., 2022). En effet, les auteurs ont choisi d'organiser des appels téléphoniques afin de recueillir des informations sur les activités

pratiquées sur deux jours. Un agenda était alors fourni pour enregistrer les horaires de chaque activité.

L'ensemble des questionnaires était à destination des parents, excepté dans une étude qui proposait un deuxième questionnaire adressé aux enfants (Benavides-Varela et al., 2016). Ce questionnaire avait pour but de vérifier leurs connaissances sur les faits numériques tels que leur âge, leur date de naissance, leur adresse, l'heure et la date du jour, le numéro de téléphone de leurs parents ou encore le nombre d'élèves de leur classe. Celui destiné aux adultes avait pour but de questionner les parents à la fois sur les activités communes pratiquées par le parent et l'enfant et sur les activités pratiquées par l'enfant sans l'accompagnement d'un adulte (télévision, lecture, sport, jeux vidéo, jeux dehors avec d'autres enfants, pratique d'instrument de musique, jeu seul avec jouets et autre activité à renseigner). Une troisième partie les interrogeait sur les connaissances de leur enfant sur les faits numériques. Cela permettait de comparer les réponses des enfants avec celles des parents, afin de vérifier si ces derniers avaient conscience des compétences numériques précoces de leur enfant. Aussi, les activités mentionnées dans le questionnaire avaient été incluses en raison d'études prouvant leur intérêt, ou parce que ces activités étaient fréquentes au sein des foyers.

Les mémoires issus du projet Kids e-stim ont utilisé un questionnaire du même type afin de connaître les habitudes de jeu des enfants étudiés (type d'activités, durée et fréquence de jeu). Cependant, quatre mémoires ont traité ces questionnaires dans leurs résultats. Trois d'entre eux ont abordé la partie liée à l'usage de la tablette numérique (Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Vasseur, 2019), alors que Robert (2019) s'est concentrée sur l'utilisation des jeux de plateau.

5. Impact des activités pratiquées selon le type d'activité

5.1. Effets des activités de type jeux de société :

Suite à l'exposition aux jeux de société, on a retrouvé une amélioration significative des enfants aux épreuves d'ordinalité (Boisdron, 2019 ; Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019), dénombrement (Jomard, 2019), lecture de nombres arabes (Boisdron, 2019 ; Chambon, 2019 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Robert, 2019), comptage libre (Boisdron, 2019 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019), comptage à rebours (Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Robert, 2019), comptage à partir d'une borne (Mohamed, 2019 ; Robert, 2019), additions de nombres arabes (Boisdron, 2019 ; Chambon, 2019 ; Jomard, 2019), additions digitales (Boisdron, 2019 ; Mohamed, 2019), comparaison symbolique (Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019) et non symbolique (Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019). En outre, une amélioration significative en orientation spatiale (Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019) et relation spatiale (reproduction de figures) a été observée (Chambon, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Robert, 2019). De plus, Jomard (2019), en comparant les effets de trois entraînements (jeux de société, tablette numérique et visuo-spatial), a relevé une amélioration plus marquée des habiletés de comptage chez les enfants ayant joué aux jeux de société.

Par ailleurs, la fréquence de pratique des jeux de société à la maison était corrélée aux habiletés de comptage, à la connaissance relative aux nombres (Benavides-Varela et al., 2016 ;

Ramani et al., 2015) et aux performances globales en mathématiques (LeFevre et al., 2009) chez les enfants d'âge préscolaire. Enfin, Miller et ses collègues (2022) ont observé que le temps de jeu à l'âge de 4 ans était positivement corrélé aux capacités d'auto-régulation (attention, contrôle des impulsions et comportement social), ainsi qu'aux capacités mathématiques à l'âge de cinq ans.

5.2. Effets des activités pratiquées sur écran :

Les entraînements en mathématiques sur tablette numérique ont conduit à une amélioration significative en ordinalité (Boisdrón, 2019 ; Mohamed, 2019), dénombrement (Jomard, 2019), lecture de nombres arabes (Boisdrón, 2019 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019), comptage libre (Jomard, 2019), comptage à rebours (Mohamed, 2019), additions de nombres arabes (Boisdrón, 2019 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019), comparaison symbolique (Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Wilson et al., 2009) et non symbolique (Mohamed, 2019). Une amélioration significative a également été observée en relation spatiale (Mohamed, 2019). Honoré et Noël (2016) ont effectué un entraînement dit « symbolique » sur ordinateur avec écran tactile. Les participants ont alors progressé significativement en placement de nombres arabes et de quantités analogiques sur une ligne numérique, en comparaison analogique et en arithmétique. Les auteurs ont également réalisé un entraînement dit « non-symbolique » sur tablette tactile. Les participants de ce groupe ont amélioré significativement leurs performances en placement de quantités analogiques sur une ligne numérique et en comparaison analogique.

Cependant, des études ont révélé que la durée d'utilisation de la tablette numérique par l'enfant au domicile était négativement corrélée au quotient intellectuel (Morlet, 2020 ; Pinède, 2020). Certaines performances en mathématiques étaient également impactées, telles que la lecture de nombres arabes, les additions digitales, le placement de nombres arabes sur une ligne numérique (Morlet, 2020), la comparaison symbolique de nombres arabes, le comptage et le dénombrement (Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Vasseur, 2019). La fréquence d'utilisation de la tablette peut aussi être significativement liée à de faibles compétences dans diverses habiletés mathématiques, surtout si l'enfant ne pratique pas de jeux de cartes ou de jeux de société (Vasseur, 2019). Enfin, Verbruggen et ses collègues (2021) ont mis en évidence qu'aucune des caractéristiques de la technologie dite « éducative » (soit l'interactivité, la méta-cognition et les principes pédagogiques utilisés) n'était efficace dans l'enseignement précoce des mathématiques. La technologie éducative ne s'avérait efficace que lorsque l'enfant possédait déjà des connaissances de base en mathématiques.

5.3. Effets d'un entraînement visuo-spatial :

En entraînant les compétences visuo-spatiales des enfants d'âge préscolaire, certains auteurs ont noté une amélioration significative en mathématiques, notamment en dénombrement et comptage, en additions de nombres arabes (Jomard, 2019), en lecture de nombres arabes (Chambon, 2019 ; Jomard, 2019), en comparaison symbolique et non symbolique, et en ordinalité (Chambon, 2019). Certaines habiletés visuo-spatiales ont également été améliorées comme l'orientation spatiale et la relation spatiale (Chambon, 2019).

5.4. Effets des jeux mathématiques :

L'intégration de jeux mathématiques dans le programme scolaire a permis d'améliorer significativement les performances en lecture de nombres arabes, en comptage et en résolution de problèmes (Cohrssen & Niklas, 2019). De plus, Elofsson et ses collègues (2018) ont remarqué une amélioration générale des compétences mathématiques suite à la pratique d'activités numériques variées, comme le memory avec additions et soustractions, le bingo ou encore le Go Fish (jeu de cartes).

Par ailleurs, une corrélation significative a été mise en évidence entre les performances mathématiques globales des enfants et la fréquence de pratique des activités mathématiques à domicile, déclarée par les parents (Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; LeFevre et al., 2009 ; Ramani et al., 2015). De plus, lorsque les mères effectuent régulièrement des activités mathématiques avec leur enfant, cela contribue à renforcer les capacités de ce dernier en résolution de problèmes (Del Río et al., 2017). Quant à la fréquence des activités de calcul à la maison, on retrouve une corrélation significative avec la rapidité de réponse des enfants à des problèmes d'addition à un chiffre (LeFevre et al., 2009).

5.5. Effets du discours sur les mathématiques :

L'assimilation par les enfants de nombreuses informations numériques, telles que leur date de naissance, leur âge ou les numéros de téléphone, peut avoir un impact positif sur leurs performances en mathématiques. Benavides-Varela et ses collègues (2016) ont ainsi mis en évidence une corrélation significative entre les informations numériques apprises à la maison et les résultats en comptage, en dénombrement (correspondance terme à terme) et en résolution de problèmes. Aussi, l'utilisation fréquente des mots-nombres « un », « deux », « trois » ou la mention de faits numériques, que ce soit par les enfants ou les parents, ont influencé positivement et significativement les performances mathématiques des enfants au TEMA-2 (Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996).

Ramani et ses collègues (2015) ont souhaité évaluer la qualité de l'interaction soignant/enfant au sein des familles Head Start. Pour cela, ils les ont observés lors d'un échange semi-structuré avec des objets spécifiquement sélectionnés pour provoquer des discussions autour des nombres (livre, puzzle avec chiffres, jeu de plateau). Les auteurs ont alors constaté une corrélation entre la qualité des échanges liés aux mathématiques et les connaissances mathématiques précoces des enfants. Aborder des concepts numériques avancés (cardinalité, ordinalité, arithmétique) au sein du foyer favorise davantage le développement des connaissances numériques avancées, par rapport à l'évocation de concepts plus basiques (comptage, dénomination de chiffres arabes). En outre, discuter d'additions simples et de faits numériques pourrait améliorer les connaissances numériques de base. En effet, le type de discours mathématiques employé par les parents est étroitement lié à la maîtrise des termes mathématiques par les enfants.

5.6. Effets de la pédagogie Montessori :

Il est également intéressant de souligner que la pédagogie Montessori semble impacter positivement les compétences en mathématiques des enfants d'âge préscolaire. Lillard et Else-Quest (2006) ont observé une différence significative en faveur des enfants inscrits dans une école Montessori, en matière de résolution de problèmes, comparativement à des enfants scolarisés en classe normale. La pédagogie employée, qui repose sur l'enseignement en petits groupes, l'utilisation de matériel pédagogique adapté et une éducation active centrée sur la recherche de solutions, semble favoriser le développement de certaines compétences mathématiques.

5.7. Effets d'activités annexes :

L'intégration d'activités physiques et de la musique dans l'enseignement des mathématiques a permis d'améliorer de manière significative les compétences générales des enfants en mathématiques, comparativement au groupe entraîné avec des activités mathématiques classiques (Elofsson et al., 2018). Par ailleurs, l'exposition aux livres était également associée aux capacités mathématiques, entraînant une amélioration notable en comptage (Wilson et al., 2009) et des connaissances sur les nombres plus avancées (Ramani et al., 2015).

5.8. L'influence du milieu socio-économique sur les compétences mathématiques :

Parmi notre sélection d'articles, nous avons remarqué que les connaissances en mathématiques étaient significativement plus élevées chez les enfants issus de milieu socio-économique (MSE) moyen plutôt que modeste (DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; LeFevre et al., 2009). Cela pourrait s'expliquer par des attentes plus élevées en termes de résultats scolaires et un engagement plus développé dans des activités mathématiques, chez les parents de MSE moyen (DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; Del Río et al., 2017). De plus, DeFlorio et Beliakoff (2015) ont remarqué une corrélation entre le niveau de connaissances des parents sur le développement mathématique d'un enfant de cinq ans et les résultats de leur propre enfant à une évaluation des capacités mathématiques.

Discussion

Ce mémoire avait pour objectif de rassembler des conseils et activités de stimulation en mathématiques, validés scientifiquement, à destination des parents d'enfant d'âge préscolaire. Une revue de la littérature a été menée et a permis de regrouper 24 travaux.

1. Observations tirées de notre revue de la littérature

Comme nous avons pu le constater, l'environnement familial joue un rôle primordial dans le développement des compétences mathématiques précoces. Le milieu socio-économique (MSE) de l'enfant influencerait ses connaissances en mathématiques dès le plus jeune âge. En

effet, des différences significatives ont été remarquées entre des enfants issus de MSE moyen et des enfants issus de MSE faible, en faveur des premiers (DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; LeFevre et al., 2009). De plus, les parents ayant un niveau d'éducation plus élevé tendraient à plus d'exigences envers leur enfant en matière de résultats scolaires (DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; Del Río et al., 2017). Ces parents seraient non seulement plus enclins à s'engager dans des activités liées aux mathématiques, mais ils possèderaient également une meilleure connaissance des capacités mathématiques d'un enfant tout-venant d'âge préscolaire (DeFlorio & Beliakoff, 2015). Il apparaît donc essentiel de mettre en place des ressources et des stratégies adaptées pour permettre aux parents issus MSE défavorisés de soutenir efficacement les apprentissages de leur enfant, en favorisant un environnement propice au développement et en renforçant leur implication dans les activités éducatives. Par ailleurs, stimuler précocement les enfants en mathématiques pourrait déterminer leur développement ultérieur (Deldime & Vermeule, 2004) et leur réussite future dans ce domaine (Aunola et al. 2004 ; Bernabini et al., 2020 ; Hannula & Lehtinen, 2005).

L'ensemble des travaux analysés ont évalué diverses habiletés mathématiques chez les enfants. La comparaison (analogique et/ou symbolique), l'identification de nombres, l'arithmétique, le comptage et le dénombrement ont été évalués dans la majorité des études. Cette approche semble pertinente, en considérant l'étude longitudinale menée par Jordan et ses collègues (2009), car la plupart de ces compétences sont décrites comme étant des compétences de base nécessaires pour obtenir de bons résultats mathématiques.

En examinant ces travaux à la lumière du modèle de Von Aster et Shalev (2007), nous constatons que les quatre étapes liées au développement du traitement du nombre ont été évaluées. D'une part, les tâches de comparaison analogique ont permis d'évaluer le système basique de la magnitude, normalement présent dès la naissance. D'autre part, le système numérique verbal a été évalué par le biais de tâches de comptage (libre, à partir d'une borne, entre deux bornes, à rebours et par sauts), de comparaison de nombres verbaux oraux, ainsi que d'additions et/ou de soustractions verbales. En outre, pour ce qui est du dénombrement, les principes de Gelman ont été évalués, soit la correspondance terme à terme, l'abstraction, la non-pertinence de l'ordre, l'ordinalité et la cardinalité. Les enfants possèderaient, dès leur plus jeune âge, une connaissance implicite de ces cinq principes, nécessaires lors du dénombrement. La troisième étape du modèle, c'est-à-dire la représentation de la quantité sous forme de chiffres arabes, a été évaluée par la comparaison de nombres arabes, l'appariement de nombres arabes à des quantités analogiques, des tâches d'additions et/ou soustractions verbales avec chiffres arabes, l'identification et l'écriture de chiffres arabes. Enfin, la ligne numérique mentale a été évaluée selon différentes représentations : analogique, arabe et orale.

De cette manière, les auteurs (réunis en Annexe 1) ont pu comparer les résultats avec les activités pratiquées par l'enfant et définir celles qui semblaient influencer positivement le développement des compétences mathématiques précoces.

Nous avons pu voir que certains auteurs ont élaboré un questionnaire afin de recueillir des informations sur l'environnement familial des participants (Benavides-Varela et al., 2016 ; Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; Del Río et al., 2017 ;

LeFevre et al., 2009 ; Miller et al., 2022 ; Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Ramani et al., 2015 ; Robert, 2019 ; Vasseur, 2019). Cela permettait, pour la plupart, d'interroger les parents sur les activités liées aux mathématiques pratiquées à domicile. D'autres aspects ont été abordés tels que l'appréciation des parents vis-à-vis des mathématiques (DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; LeFevre et al., 2009), leurs attentes scolaires (Del Río et al., 2017 ; LeFevre et al., 2009) et leur comportement lors des activités éducatives (Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; DeFlorio & Beliakoff, 2015). Certains questionnaires s'intéressaient également à des activités complémentaires, comme la lecture, les activités motrices, ou encore les jeux (Benavides-Varela et al., 2016 ; DeFlorio & Beliakoff, 2015 ; LeFevre et al., 2009 ; Ramani et al., 2015). Cette approche s'avère pertinente, car il a été observé qu'intégrer des activités musicales ou motrices lors de l'enseignement des mathématiques pouvait apporter des bénéfices considérables (Elofsson et al., 2018). De plus, l'exposition aux livres semble améliorer certaines capacités mathématiques chez les enfants (Ramani et al., 2015 ; Wilson et al., 2009).

Au terme de notre revue de la littérature, nous avons pu constater que les jeux de société semblaient avoir un impact positif sur de nombreuses compétences mathématiques. Premièrement, les jeux de plateau impliquent des déplacements qui s'accompagnent d'un comptage verbal, ce qui pourrait expliquer les améliorations significatives observées en dénombrement, en comptage, mais également en compétences visuo-spatiales. De surcroît, ces jeux sollicitent potentiellement le surcomptage, ce qui pourrait justifier leur impact positif sur les performances des enfants dans les tâches d'additions symboliques et non symboliques. Les jeux de société semblent améliorer le système basique de la magnitude, les systèmes numériques verbal et arabe de l'enfant, soit les trois premières étapes du modèle de Von Aster et Shalev. Ces jeux offrent, en effet, un accès à une multitude d'informations numériques (Ramani & Siegler, 2011). La fréquence d'exposition aux jeux de société à la maison semble également corrélée à la connaissance relative aux nombres (Benavides-Varela et al., 2016 ; Ramani et al., 2015) et aux compétences générales en mathématiques (LeFevre et al., 2009). L'impact positif de ces jeux sur les compétences mathématiques pourrait s'expliquer par leur nature ludique et sociale qui peut encourager un apprentissage naturel des concepts mathématiques.

Les jeux conçus spécifiquement pour stimuler les habiletés mathématiques s'avèrent également efficaces. Les enfants qui pratiquent fréquemment des activités liées aux mathématiques à la maison semblent posséder des compétences globales en mathématiques plus développées (Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; Elofsson et al., 2018 ; LeFevre et al., 2009 ; Ramani et al., 2015). Ces enfants seraient particulièrement doués en résolution de problèmes (Del Río et al., 2017), une compétence qui constitue une part importante du programme scolaire (Fayol et al., 2005) et s'avère fortement utile pour résoudre des problèmes rencontrés dans la vie quotidienne. À cet égard, l'intégration de jeux mathématiques dans les programmes scolaires semble être bénéfique avec un impact sur les systèmes numériques arabe et verbal, mais aussi sur les capacités de résolution de problèmes (Cohrsen & Niklas, 2019).

En outre, il est nécessaire que les enfants soient exposés quotidiennement à des informations numériques. La qualité et la quantité du discours des parents concernant les

nombres joueraient un rôle important dans l'acquisition de compétences précoces, telles que le dénombrement et le comptage, ainsi que dans la maîtrise de compétences numériques avancées (Ramani et al., 2015). À ce propos, Barner et ses collègues (2009) ont constaté que l'acquisition de certains mots quantitatifs (« plus », « moins ») entraînerait la compréhension de concepts numériques plus complexes. Cela permettrait de développer la représentation mentale des mots-nombres et de mieux appréhender les mathématiques en général. La compréhension du langage mathématique se définirait comme un prérequis au développement de nombreuses compétences mathématiques (comptage, compréhension des principes du dénombrement, lecture de chiffres arabes, comparaison analogique et résolution de problèmes ; Hornburg et al., 2018).

De surcroît, la pédagogie Montessori semble soutenir le raisonnement mathématique en offrant aux enfants davantage d'occasions de se questionner sur les nombres, comme en témoignent les résultats aux tests mathématiques (Lillard & Else-Quest, 2006).

Les entraînements mathématiques sur tablette numérique, destinés à stimuler différentes représentations numériques (analogique et arabe), ont permis aux enfants d'améliorer significativement leurs performances en comptage (Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019), dénombrement (Jomard, 2019), additions et lecture de nombres arabes (Boisdron, 2019 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019), ainsi qu'en comparaison symbolique (Mohamed, 2019 ; Renaud, 2019 ; Wilson et al., 2009) et non-symbolique (Mohamed, 2019). Une étude a également observé qu'un entraînement de la ligne numérique mentale sur ordinateur tactile pouvait être corrélé à un meilleur placement de quantités analogiques et symboliques sur une ligne numérique (Honoré & Noël, 2016). Les interventions proposées semblent donc impacter positivement l'ensemble des représentations de la quantité (concrète, mots-nombres, chiffres arabes et ligne numérique mentale) proposées par Von Aster et Shalev (2007).

Aussi, l'entraînement des compétences visuo-spatiales s'est déroulé sur tablette numérique. De meilleures performances ont été retrouvées en dénombrement et comptage (Jomard, 2019), en lecture et additions de nombres arabes (Chambon, 2019 ; Jomard, 2019), ainsi qu'en comparaison symbolique et non-symbolique (Chambon, 2019).

Pendant, bien que ces entraînements semblent impacter positivement les compétences mathématiques, il est important de noter que l'usage quotidien des écrans par les jeunes enfants au sein du foyer demeure controversé. En effet, notre revue de littérature laisse penser qu'une utilisation fréquente ou de longue durée pourrait impacter les compétences cognitives (Morlet, 2020 ; Pinède, 2020), mais également les habiletés mathématiques, en particulier celles liées aux systèmes numériques arabe et oral (Morlet, 2020 ; Pinède, 2020 ; Vasseur, 2019). La tablette numérique ne semblerait être utile qu'après l'acquisition de compétences mathématiques de base (Verbruggen et al., 2021).

Certaines activités, sans lien direct avec les nombres, pourraient pourtant contribuer à améliorer les compétences mathématiques des enfants d'âge préscolaire. En effet, la lecture, la pratique d'activités musicales ou sportives encourageraient le développement général des habiletés mathématiques (Elofsson et al., 2018). Les enfants exposés aux livres possèderaient des connaissances avancées sur les nombres (Ramani et al., 2015) et auraient un système

numérique verbal plus développé (Wilson et al., 2009). Ainsi, les livres se révèlent être un bon outil pour initier les enfants aux nombres.

2. Contenu créé

En consultant des revues préscolaires et des sites de vulgarisation scientifique (e.g. Zerotothree, 2016 ; April et al, 2017 ; Naître et grandir, 2018 ; Dupuis-Brouillette & St-Jean, 2016), nous avons constaté qu'un grand nombre de conseils et d'activités pour stimuler les compétences mathématiques des enfants en bas âge étaient déjà disponibles gratuitement. Toutefois, il convient de noter que ces contenus n'ont pas toujours été validés scientifiquement. Dans l'optique de fournir aux parents d'enfant d'âge préscolaire des informations et des conseils concrets pour stimuler les compétences mathématiques de leur enfant, nous avons créé une synthèse d'activités et de conseils validés scientifiquement, disponible en Annexe 3. Cette synthèse sera mise en ligne sur le site « LOLEMATH », dès qu'il sera accessible. Nous espérons que cette ressource pourra aider les parents à comprendre l'importance des activités de stimulation précoce en mathématiques et à les mettre en pratique de manière efficace et ludique à la maison.

La synthèse comprend trois parties. La première partie vise à sensibiliser les parents à l'importance de stimuler les compétences mathématiques de leur enfant dès son plus jeune âge. Les deux dernières parties concernent respectivement les conseils et les activités proposées, validés scientifiquement, comprenant chacune sept éléments. Ces derniers sont faciles à mettre en place et adaptés à l'environnement familial et son contexte informel. Le matériel utilisé est facilement accessible dans chaque foyer, composé d'objets du quotidien. Aussi, le langage employé était volontairement simple de façon à être compréhensible par tous.

3. Apports dans la pratique

Comme évoqué précédemment, stimuler les compétences précoces en mathématiques est essentiel, car elles sont prédictives de la réussite scolaire ultérieure. La mise à disposition de nos conseils et activités de stimulation sur la plateforme « LOLEMATH », destinée aux parents de jeunes enfants, leur permettra d'obtenir des conseils, mais également des idées d'activités, validés scientifiquement, à réaliser à la maison. Cela sensibilisera les parents à l'importance d'utiliser des termes mathématiques avec leur enfant dès que possible. Le jeu permettrait également de susciter l'intérêt des enfants lors des activités d'enseignement mathématique. À cet égard, conseiller les parents sur la façon d'utiliser des termes mathématiques pendant les activités informelles favoriserait fortement l'emploi du langage mathématique (Ramani et al., 2015). Nous pouvons aussi penser que d'autres professionnels (enseignants de maternelle, assistants maternels ou encore orthophonistes) pourraient stimuler l'enfant, grâce à ces recommandations, en lui offrant de nouvelles occasions d'apprendre. Ces recommandations s'inscrivent au premier abord dans un but préventif, visant à réduire les retards d'apprentissages mathématiques.

4. Limites de cette revue

Malgré notre volonté de rigueur, notre revue possède des biais et limites liés à la sélection et au contenu des travaux inclus.

Initialement, nous avons axé notre recherche sur les effets des activités pratiquées à la maison, sur les compétences mathématiques des enfants. Cependant, la rareté des articles répondant à nos critères de sélection nous a poussé à élargir notre champ de recherche aux interventions menées en dehors du domicile, notamment dans un contexte scolaire. Cette approche peut constituer une limite à notre revue, car nous avons supposé que les activités validées scientifiquement en milieu scolaire seraient également efficaces à la maison.

En outre, afin de recueillir des données scientifiques récentes, il est préconisé de sélectionner des articles publiés dans les vingt dernières années. Or, parmi les 24 travaux que nous avons analysés, un article a été publié en 1996. Bien que cette sélection puisse introduire un biais temporel dans notre revue, nous avons jugé important d'inclure cet article, qui présentait une pertinence directe pour notre sujet de recherche et qui répondait à nos critères d'inclusion. De plus, la traduction de l'anglais au français a parfois posé problème. Par exemple, « comptage » et « dénombrement » étaient tous deux traduits de la même façon (« counting » en anglais), ce qui pouvait limiter la compréhension des épreuves proposées selon les études.

Des biais étaient également présents parmi les travaux analysés. Premièrement, de nombreuses études ont utilisé des échantillons restreints, soit inférieurs à cent participants (Benigno & Ellis, 2004 ; Blevins-Knabe & Musun-Miller, 1996 ; Cohnsen & Niklas, 2019 ; Elofsson et al., 2018 ; Honoré & Noël, 2016 ; LeFevre et al., 2009 ; Lillard & Else-Quest, 2006 ; Ramani et al., 2015 ; Wilson et al., 2009), ce qui peut limiter la généralisation des résultats. De plus, certains travaux n'ont pas inclus de groupe contrôle, ce qui ne permet pas de garantir que les effets observés ne sont pas dus à une maturation spontanée (Boisdrion, 2019 ; Chambon, 2019 ; Jomard, 2019 ; Mohamed, 2019 ; Robert, 2019). D'autres études n'ont pas effectué de post-test à long terme et n'ont donc pas pu se prononcer sur la durabilité des effets des interventions (Cohnsen & Niklas, 2019 ; Elofsson et al., 2018 ; Honoré & Noël, 2016). En outre, les tests proposés variaient considérablement dans les différentes études. Le type de tâches, le nombre d'items et les compétences évaluées n'étaient ainsi pas les mêmes d'une étude à l'autre. Les résultats des études sont donc difficilement comparables. À ce propos, ne possédant pas les manuels de certaines batteries proposées (TEMA-2 et KeyMath Test-Revised, Form B), nous n'avons pas pu analyser en détails l'ensemble des compétences évaluées lors des pré-tests de certaines études.

Enfin, la méthode de recueil de la fréquence et de la durée des activités pratiquées au sein du foyer peut être discutable. Dans la plupart des études, les parents ont été interrogés par le biais d'un questionnaire papier. Les réponses des parents ne peuvent pas être considérées totalement fiables car elles seront forcément influencées par la désirabilité sociale, c'est-à-dire le fait de vouloir se montrer sous une facette positive. Les parents ont conscience que certaines activités seront connotées positivement par rapport à d'autres. Aussi, ce type de recueil de réponses peut engendrer un biais de rappel. Les répondants ne se souviennent pas forcément avec précision des événements passés et de leur fréquence.

Conclusion

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche de prévention en orthophonie et s'intègre au projet « LOLEMATH ». Ce projet vise notamment la création d'une plateforme informatisée destinée aux parents, professeurs des écoles et professionnels de santé. L'objectif principal de notre mémoire était de rassembler des conseils et activités de stimulation en mathématiques, validés scientifiquement, en réponse au manque d'informations et de ressources permettant aux parents de favoriser précocement le développement mathématique de leur enfant. Il est essentiel de souligner l'importance de l'environnement familial et de la stimulation précoce pour la réussite scolaire.

Pour ce faire, nous avons mené une revue de la littérature afin d'identifier les activités ayant un impact significatif sur le développement précoce des compétences mathématiques. Au total, 24 travaux répondant à nos critères de sélection ont été analysés. Parmi ces études, certaines ont proposé divers programmes d'entraînement aux enfants d'âge préscolaire et ont évalué leurs compétences mathématiques, avant et après intervention. D'autres études ont utilisé des questionnaires pour recueillir les activités pratiquées régulièrement à domicile. À la suite de cela, les chercheurs ont évalué les compétences mathématiques des enfants afin de déterminer l'impact de ces activités sur leurs performances.

Il en ressort que les jeux de plateau offrent de nombreux bénéfices pour le développement des habiletés mathématiques chez les jeunes enfants. D'autres activités telles que les jeux conçus pour stimuler les compétences mathématiques, la stimulation des compétences visuo-spatiales, les informations numériques partagées par les parents, la lecture et la pratique sportive ont également un impact positif. Il est crucial d'encourager l'intérêt des enfants pour les mathématiques. Quant à l'exposition aux écrans, il est important de réguler la durée d'utilisation, car elle présente des effets à la fois positifs et négatifs sur le développement cognitif et mathématique.

À la suite de notre analyse, nous avons synthétisé les conseils et activités de stimulation précoce en mathématiques, scientifiquement validés. Ceux-ci seront mis à disposition sur le site « LOLEMATH » dans une section dédiée aux parents.

Enfin, nous avons observé une influence notable du milieu socio-économique sur les performances mathématiques des enfants, en partie liée aux attentes et à l'appréciation des parents envers les mathématiques. De futures recherches pourraient étudier si l'application de nos conseils et activités de stimulation par les parents contribuerait à réduire ces inégalités.

Bibliographie

- AMELI. (2022). *Convention nationale des orthophonistes : Avenant n°19*. Repéré à <https://www.ameli.fr/lille-douai/orthophoniste/textes-reference/convention/convention>
- Anders, Y., Rossbach, H. G., Weinert, S., Ebert, S., Kuger, S., Lehrl, S., & von Maurice, J. (2012). Learning environments at home and at preschool and their relationship to the development of numeracy skills. *Early Childhood Research Quarterly*, 27, 231-244.
- April, J., St-Jean, C., Dupuis-Brouillette, M., & Bigras, N. (2017). L'éveil aux mathématiques : vers le développement d'une pensée complexe. *Revue préscolaire*, 55(2), 5-36. https://www.aepq.ca/wp-content/uploads/2018/07/RP_v55n2.pdf
- Article 4 du décret d'actes des orthophonistes n° 2002-721 du 2 mai 2002 relatif aux actes professionnels et à l'exercice de la profession d'orthophoniste, (2002). <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT0000000413069>
- Ashcraft, M. H., & Moore, A. M. (2012). Cognitive processes of numerical estimation in children. *Journal of experimental child psychology*, 111(2), 246-267.
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M. K., & Nurmi, J. E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of educational psychology*, 96(4), 699.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory?. *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.
- Balfanz, R., Ginsburg, H. P., & Greenes, C. (2003). The Big Math for Little Kids early childhood mathematics program. (Early Childhood Corner). *Teaching Children Mathematics*, 9(5), 264-269.
- Barner, D., Chow, K., & Yang, S. J. (2009). Finding one's meaning: A test of the relation between quantifiers and integers in language development. *Cognitive psychology*, 58(2), 195-219.
- Baroody, A. J., Lai, M. L., & Mix, K. S. (2006). The Development of Young Children's Early Number and Operation Sense and its Implications for Early Childhood Education.
- Barrouillet, P., & Camos, V. (2006). *La cognition mathématique chez l'enfant*. Solal.
- Benavides-Varela, S., Butterworth, B., Burgio, F., Arcara, G., Lucangeli, D., & Semenza, C. (2016). Numerical activities and information learned at home link to the exact numeracy skills in 5–6 years-old children. *Frontiers in Psychology*, 7, 94.
- Benigno, J. P., & Ellis, S. (2004). Two is greater than three: Effects of older siblings on parental support of preschoolers' counting in middle-income families. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 4-20.

- Bernabini, L., Tobia, V., Guarini, A., & Bonifacci, P. (2020). Predictors of children's early numeracy: Environmental variables, intergenerational pathways, and children's cognitive, linguistic, and non-symbolic number skills. *Frontiers in psychology, 11*, 505065.
- Björklund, C. (2008). Toddlers' opportunities to learn mathematics. *International Journal of Early Childhood, 40*(1), 81-95.
- Blevins-Knabe, B., & Musun-Miller, L. (1996). Number use at home by children and their parents and its relationship to early mathematical performance. *Early Development and Parenting, 5*(1), 35-45.
- Boisdron, C. (2019). *Intérêt de l'utilisation du support tablette dans le développement des capacités mathématiques en maternelle* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1259>
- Bonny, J. W., & Lourenco, S. F. (2015). Individual differences in children's approximations of area correlate with competence in basic geometry. *Learning and Individual Differences, 44*, 16-24.
- Booth, J. L. & Siegler, R. S. (2008). Numerical Magnitude Representations Influence Arithmetic Learning. *Child Development, 79*(4), 1016-1031.
- Brannon, E. M. (2006). The representation of numerical magnitude. *Current opinion in neurobiology, 16*(2), 222-229.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology, 33*(3), 205-228.
- Burgoyne, K., Malone, S., Lervag, A., & Hulme, C. (2019). Pattern understanding is a predictor of early reading and arithmetic skills. *Early Childhood Research Quarterly, 49*, 69-80.
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of child psychology and psychiatry, 46*(1), 3-18.
- Cameron, B., & Dwyer, F. (2005). The effect of online gaming, cognition and feedback type in facilitating delayed achievement of different learning objectives. *Journal of Interactive Learning Research, 16*(3), 243-258.
- Cannon, J., & Ginsburg, H. P. (2008). "Doing the math": Maternal beliefs about early mathematics versus language learning. *Early education and development, 19*(2), 238-260.
- Chambon, E. (2019). *Stimuler les habiletés mathématiques ou visuo- spatiales en maternelle, quels impacts sur le développement des compétences mathématiques précoces ?* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1273>

- Clément, M.-N., & Duris, O. (2017). Le bébé et la tablette numérique : Intérêts et dangers. *Spirale*, 83(3), 62-71. doi:10.3917/spi.083.0062
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: Summative research on the Building Blocks project. *Journal for research in Mathematics Education*, 38(2), 136-163.
- Cohrssen, C., & Niklas, F. (2019). Using mathematics games in preschool settings to support the development of children's numeracy skills. *International Journal of Early Years Education*, 27(3), 322-339.
- Cornu, V., Schiltz, C., Martin, R., & Hornung, C. (2018). Visuo-spatial abilities are key for young children's verbal number skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 604-620.
- Cornu, V., Schiltz, C., Pazouki, T., & Martin, R. (2019). Training early visuo-spatial abilities : A controlled classroom-based intervention study. *Applied Developmental Science*, 23(1), 1-21. Education Research Complete.
- DeFlorio, L., & Beliakoff, A. (2015). Socioeconomic status and preschoolers' mathematical knowledge: The contribution of home activities and parent beliefs. *Early Education and Development*, 26(3), 319-341.
- Dehaene, S. (1992). Varieties of numerical abilities. *Cognition*, 44(1-2), 1-42. doi:10.1016/0010-0277(92)90049-N
- Dehaene, S., Bossini, S., & Giraux, P. (1993). The mental representation of parity and number magnitude. *Journal of Experimental Psychology. General*, 122(3), 371-396.
- Dehaene, S., Molko, N., Cohen, L., & Wilson, A. J. (2004). Arithmetic and the brain. *Current opinion in neurobiology*, 14(2), 218-224.
- Dehaene, S., Piazza, M., Pinel, P., & Cohen, L. (2003). Three parietal circuits for number processing. *Cognitive Neuropsychology*, 20(3-6), 487-506. doi:10.1080/02643290244000239
- Deldime, R., & Vermeulen, S. (2004). *Le développement psychologique de l'enfant*. De Boeck Supérieur.
- Del Río, M. F., Susperreguy, M. I., Strasser, K., & Salinas, V. (2017). Distinct influences of mothers and fathers on kindergartners' numeracy performance: The role of math anxiety, home numeracy practices, and numeracy expectations. *Early Education and Development*, 28(8), 939-955.
- Deprey, A., & Renard, C. (2007). Mise en place d'un repérage des troubles d'apprentissage du langage écrit chez des enfants de début CE1 scolarisés en ZUS [Mémoire d'Orthophonie non publié]. Université de Lille.

- Desmurget, M. (2019). *La fabrique du crétin digital-Les dangers des écrans pour nos enfants*. Média Diffusion.
- Dupuis-Brouillette, M., & St-Jean, C. (2016, juin 22). *L'éveil aux mathématiques chez les enfants de 4 et 5 ans*. Passe-Temps. <https://pasetemps.com/blogue/leveil-aux-mathematiques-chez-les-enfants-de-4-et-5-ans-n3352>
- Elliott, L., & Bachman, H. J. (2018). SES disparities in early math abilities : The contributions of parents' math cognitions, practices to support math, and math talk. *Developmental Review, 49*, 1-15.
- Fayol, M., Theveno, C., & Devidal, M. (2005). Résolution de problème/Résolution de problèmes arithmétiques. *Aproche Neuropsychologique et développementale des Difficultés de Calcul Chez L'Enfant*. Marseille: Editions Solal.
- Friso-Van den Bos, I., Van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational research review, 10*, 29-44.
- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood : The development of numerical abilities. *European Child & Adolescent Psychiatry, 9*(2), 11-16. doi:10.1007/s007870070004
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: a 5-year longitudinal study. *Developmental psychology, 47*(6), 1539.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2012). Mathematical cognition deficits in children with learning disabilities and persistent low achievement: a five-year prospective study. *Journal of educational psychology, 104*(1), 206.
- Geist, E. (2001). Children Are Born Mathematicians: Promoting the Construction of Early Mathematical Concepts in Children Under Five. *Young children, 56*(4), 12-19.
- Gelman, R. & Gallistel, C. R. (1986). *The child's understanding of number*. Harvard University Press.
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (2004). Language and the origin of numerical concepts. *Science, 306*(5695), 441-443.
- Ginsburg, H. P., Duch, H., Ertle, B., & Noble, K. G. (2012). How can parents help their children learn math?. In *Handbook of family literacy* (pp. 67-81). Routledge.
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge: the role of the linear number line. *Developmental psychology, 48*(5), 1229.
- Harlé, B., & Desmurget, M. (2012). Effets de l'exposition chronique aux écrans sur le développement cognitif de l'enfant. *Archives de Pédiatrie, 19*(7), 772-776.

- Hascoët, Giaconi, V., & Jamain, L. (2021). Family socioeconomic status and parental expectations affect mathematics achievement in a national sample of Chilean students. *International Journal of Behavioral Development*, 45(2), 122–132. <https://doi.org/10.1177/0165025420965731>
- Honoré, N., & Noël, M. P. (2016). Improving preschoolers' arithmetic through number magnitude training: The impact of non-symbolic and symbolic training. *PloS one*, 11(11), e0166685.
- Hawes, Z., Moss, J., Caswell, B., Naqvi, S., & MacKinnon, S. (2017). Enhancing children's spatial and numerical skills through a dynamic spatial approach to early geometry instruction: Effects of a 32-week intervention. *Cognition and Instruction*, 35(3), 236-264.
- Hornburg, C. B., Schmitt, S. A., & Purpura, D. J. (2018). Relations between preschoolers' mathematical language understanding and specific numeracy skills. *Journal of experimental child psychology*, 176, 84-100.
- Hubbard, E. M., Piazza, M., Pinel, P., & Dehaene, S. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(6), 435-448.
- Jirout, J. J., & Newcombe, N. S. (2015). Building blocks for developing spatial skills: Evidence from a large, representative US sample. *Psychological science*, 26(3), 302-310.
- Jomard, A. (2019). *L'effet d'un entraînement des habiletés mathématiques précoces chez les enfants d'âge préscolaire* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1439>
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental psychology*, 45(3), 850.
- Kidd, J. K., Pasnak, R., Gadzichowski, K. M., Gallington, D. A., McKnight, P., Boyer, C. E., & Carlson, A. (2014). Instructing first-grade children on patterning improves reading and mathematics. *Early Education & Development*, 25(1), 134-151.
- Lachance, J. A., & Mazzocco, M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and individual differences*, 16(3), 195-216.
- LeFevre, J. A., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Fast, L., Kamawar, D., & Bisanz, J. (2009). Home numeracy experiences and children's math performance in the early school years. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 41(2), 55.
- Levine, S. C., Jordan, N. C., & Huttenlocher, J. (1992). Development of calculation abilities in young children. *Journal of experimental child psychology*, 53(1), 72-103.

- Levine, S. C., Ratliff, K. R., Huttenlocher, J., & Cannon, J. (2012). Early puzzle play: a predictor of preschoolers' spatial transformation skill. *Developmental psychology*, 48(2), 530.
- Levine, S. C., Suriyakham, L. W., Rowe, M. L., Huttenlocher, J., & Gunderson, E. A. (2010). What counts in the development of young children's number knowledge?. *Developmental psychology*, 46(5), 1309.
- Leyva, D. (2019). How do low-income chilean parents support their preschoolers' writing and math skills in a grocery game?. *Early Education and Development*, 30(1), 114-130.
- Lillard, A., & Else-Quest, N. (2006). Evaluating montessori education. *science*, 313(5795), 1893-1894.
- Mallet, F. (2020). Projet GAPS : finalisation d'un test de dépistage des troubles du langage oral chez les enfants âgés de 3 ans à 6 ans révolus [Mémoire d'Orthophonie non publié]. Université de Lille.
- Mejias, S., Muller, C., & Schiltz, C. (2019). Assessing Mathematical School Readiness. *Frontiers in Psychology*, 10, 1173.
- Melhuish, E. C., Sylva, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B., Phan, M. B., & Malin, A. (2008). Preschool influences on mathematics achievement. *Science*, 321(5893), 1161-1162.
- Miller, P., Betancur, L., Coulanges, L., Kammerzell, J., Libertus, M., Bachman, H. J., & Votruba-Drzal, E. (2022). Time spent playing predicts early reading and math skills through associations with self-regulation. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 83, 101470.
- Mix, K. S., & Cheng, Y. L. (2012). The relation between space and math: Developmental and educational implications. *Advances in child development and behavior*, 42, 197-243.
- Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y. L., Young, C., Hambrick, D. Z., Ping, R., & Konstantopoulos, S. (2016). Separate but correlated: The latent structure of space and mathematics across development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(9), 1206.
- Moeller, K., Fischer, U., Nuerk, H. C., & Cress, U. (2015). Computers in mathematics education—Training the mental number line. *Computers in Human Behavior*, 48, 597-607.
- Mohamed, L. (2019). *Développement des prérequis mathématiques en maternelle, Analyse des effets des différents supports (jeux de plateau et tablettes) sur les compétences mathématiques* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1371>

- Morlet, L. (2020). *Etude du lien entre exposition à la tablette électronique et capacités mathématiques chez des enfants de maternelle* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1877>
- Naître et Grandir. (2018). *Comment éveiller l'enfant aux mathématiques ?*. https://naitreetgrandir.com/fr/etape/1_3_ans/jeux/fiche.aspx?doc=fcsge-naitre-grandir-developpement-numeratie-mathematique
- National Council of Teachers of Mathematics. (2011). Principles, Standards, and Expectations. Repéré à <https://www.nctm.org/Standards-and-Positions/Principles-and-Standards/Principles,-Standards,-and-Expectations/>
- Niklas, F., & Schneider, W. (2014). Casting the die before the die is cast: The importance of the home numeracy environment for preschool children. *European Journal of Psychology of Education, 29*, 327-345.
- Nyroos, M., & Wiklund-Hörnqvist, C. (2012). The association between working memory and educational attainment as measured in different mathematical subtopics in the Swedish national assessment: primary education. *Educational Psychology, 32*(2), 239-256.
- Östergren, R., & Träff, U. (2013). Early number knowledge and cognitive ability affect early arithmetic ability. *Journal of Experimental Child Psychology, 115*(3), 405-421.
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2017). Improving mathematics teaching in kindergarten with realistic mathematical education. *Early Childhood Education Journal, 45*(3), 369-378.
- Papic, M. M., Mulligan, J. T., & Mitchelmore, M. C. (2011). Assessing the development of preschoolers' mathematical patterning. *Journal for Research in Mathematics Education, 42*(3), 237-268.
- Peng, P., Namkung, J., Barnes, M., & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology, 108*(4), 455.
- Piaget, J., & Szeminska, A. (1941). *La genèse du nombre chez l'enfant*.
- Pinède, L. (2020). *Temps d'utilisation d'une tablette tactile à la maison et compétences mathématiques en maternelle : quel lien ? Impact sur les systèmes numériques approximatif et exact* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1879>
- Pressigout, A. (2019). *Un système de magnitude commun pour la perception et l'action: étude des interactions entre la cognition numérique et les paramètres de la saccade oculaire* (Doctoral dissertation, Université Paris Cité).
- Pruden, S. M., Levine, S. C., & Huttenlocher, J. (2011). Children's spatial thinking: Does talk about the spatial world matter?. *Developmental science, 14*(6), 1417-1430.

- Ramani, G. B., Rowe, M. L., Eason, S. H., & Leech, K. A. (2015). Math talk during parent–child interactions in Head Start families. *Cognitive Development*, 35, 15-33.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2008). Promoting broad and stable improvements in low-income children’s numerical knowledge through playing number board games. *Child development*, 79(2), 375-394.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2011). Reducing the gap in numerical knowledge between low-and middle-income preschoolers. *Journal of applied developmental Psychology*, 32(3), 146-159.
- Ramani, G. B., & Siegler, R. S. (2014). How informal learning activities can promote children’s numerical knowledge.
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of experimental child psychology*, 91(2), 137-157.
- Reikerås, E., Løge, I. K., & Knivsberg, A. M. (2012). The mathematical competencies of toddlers expressed in their play and daily life activities in Norwegian kindergartens. *International Journal of Early Childhood*, 44(1), 91-114.
- Renaud, A. (2019). *Entraînement des pré-requis mathématiques chez des enfants de moyenne et grande sections de maternelle : effets de l’entraînement sur les compétences mathématiques et persistance des bénéfices à long terme* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1407>
- Ribeiro, A. (2016). *Étalonnage de la version française du GAPS, Test de dépistage des troubles du langage oral* [Mémoire d’Orthophonie, Université de Lille].
- Robert, A. (2019). *Impact des habitudes familiales de jeux sur le développement de la cognition mathématique* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1411>
- Rousseau, C. (2020). *Finalisation de la version francophone du GAPS. Test de dépistage de difficultés de langage (répétition de phrases et pseudomots)* [Mémoire d’Orthophonie non publié]. Université de Lille.
- Santos, F. H., Ribeiro, F. S., Dias-Piovezana, A. L., Primi, C., Dowker, A., & von Aster, M. (2022). Discerning developmental dyscalculia and neurodevelopmental models of numerical cognition in a disadvantaged educational context. *Brain Sciences*, 12(5), 653.
- Sarama, J., & Clements, D. H. (2004). Building blocks for early childhood mathematics. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 181-189.
- Schneider, Merz, S., Stricker, J., De Smedt, B., Torbeyns, J., Verschaffel, L., & Luwel, K. (2018). Associations of Number Line Estimation With Mathematical Competence: A Meta-analysis. *Child Development*, 89(5), 1467–1484.

- Sherman, I. L. (2005). Development of arithmetic skills and knowledge in preschool children. *The handbook of mathematical cognition*, 143.
- Siegler, R. S. (2016). Magnitude knowledge: The common core of numerical development. *Developmental science*, 19(3), 341-361.
- Song, M. J., & Ginsburg, H. P. (1987). The development of informal and formal mathematical thinking in Korean and US children. *Child development*, 1286-1296.
- Starkey, P., Klein, A., & Wakeley, A. (2004). Enhancing young children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics intervention. *Early childhood research quarterly*, 19(1), 99-120.
- Susperreguy, M. I., & Davis-Kean, P. E. (2016). Maternal math talk in the home and math skills in preschool children. *Early Education and Development*, 27(6), 841-857.
- Swanson, H. L., & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of educational psychology*, 96(3), 471.
- Torbeyns, J., Schneider, M., Xin, Z., & Siegler, R. S. (2015). Bridging the gap: Fraction understanding is central to mathematics achievement in students from three different continents. *Learning and instruction*, 37, 5-13.
- Vandermaas-Peeler, M., & Pittard, C. (2014). Influences of social context on parent guidance and low-income preschoolers' independent and guided math performance. *Early Child Development and Care*, 184(4), 500-521.
- Vasseur, O. (2019). *Habitudes de jeu (numérique) et compétences mathématiques* [Mémoire, Université de Lille]. Pépite. <https://pepite.univ-lille.fr/ori-oai-search/notice/view/univ-lille-1425>
- Villemonteix, Hamon, D., Nogry, S., Séjourné, A., Hubert, B., & Gélis, J.-M. (2015). *Expérience tablettes tactiles à l'école primaire - ExTaTE*.
- Verbruggen, S., Depaepe, F., & Torbeyns, J. (2021). Effectiveness of educational technology in early mathematics education: A systematic literature review. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 27, 1–26.
- Verdine, B. N., Irwin, C. M., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2014). Contributions of executive function and spatial skills to preschool mathematics achievement. *Journal of experimental child psychology*, 126, 37-51.
- Von Aster, M. G., & Shalev, R. S. (2007). Number development and developmental dyscalculia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 49, 868-873. doi: 10.1111/j.1469- 8749.2007.00868.x

- Warren, E., & Miller, J. (2013). Young Australian Indigenous students' effective engagement in mathematics: The role of language, patterns, and structure. *Mathematics Education Research Journal*, 25(1), 151-171.
- Wijns, N., Torbeyns, J., De Smedt, B., & Verschaffel, L. (2019). Young children's patterning competencies and mathematical development: A review. *Mathematical learning and cognition in early childhood*, 139-16.
- Wilson, A. J., Dehaene, S., Dubois, O., & Fayol, M. (2009). Effects of an adaptive game intervention on accessing number sense in low-socioeconomic-status kindergarten children. *Mind, Brain, and Education*, 3(4), 224-234.
- Wynn, K. (1992). Children's acquisition of the number words and the counting system. *Cognitive psychology*, 24(2), 220-251.
- Yuan, L., Prather, R., Mix, K. S., & Smith, L. B. (2020). Number representations drive number-line estimates. *Child development*, 91(4), e952-e967.
- Zerotothree. (2016, février 25). *Help Your Child Develop Early Math Skills*. Zerotothree. <https://www.zerotothree.org/resource/help-your-child-develop-early-math-skills/>
- Zippert, E. L., Douglas, A. A., & Rittle-Johnson, B. (2020). Finding patterns in objects and numbers: Repeating patterning in pre-K predicts kindergarten mathematics knowledge. *Journal of Experimental Child Psychology*, 200, 104965.