

L'efficacité des interventions en mathématiques chez les enfants ayant un trouble spécifique des apprentissages en mathématiques ou à risque : synthèse narrative d'une série de revues de littérature systématiques

Julie CATTINI *, Anne LAFAY **

* Orthophoniste

** Maîtresse de conférences universitaire, Université Savoie Mont Blanc, Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition, Chambéry, France

Auteures de correspondance :

juliecattini@hotmail.com

anne.lafay@univ-smb.fr

ISSN 2117-7155

Résumé :

Les nombres et les mathématiques sont utilisés quotidiennement dans notre société. Pourtant, certains enfants présentent un trouble spécifique des apprentissages en mathématiques qui se répercute sur leurs apprentissages scolaires et leur vie professionnelle à l'âge adulte. L'objectif de la présente étude est d'établir une synthèse narrative d'une série de revues de littérature systématiques et de méta-analyses à propos de l'efficacité des interventions en mathématiques chez l'enfant présentant un trouble spécifique des apprentissages en mathématiques ou à risque. La méthodologie utilisée est la revue systématique et la synthèse narrative. Parmi les treize études sélectionnées, huit sont de qualité méthodologique acceptable. Les résultats montrent que les interventions en mathématiques sont efficaces pour l'apprentissage immédiat et que l'approche directe/explicite est efficace pour tous les domaines mathématiques. De plus, des ingrédients récurrents issus des interventions probantes sont identifiables pour plusieurs domaines mathématiques : l'apprentissage de stratégies, l'indication et le *modeling*. Toutefois, si des grandes lignes directrices peuvent être dégagées, les données ne permettent pas de fournir des informations précises pour établir un projet thérapeutique spécifique.

Mots-clefs : Dyscalculie, trouble spécifique des apprentissages en mathématiques, intervention, pratique basée sur les données probantes, revue

Efficiency of mathematical interventions in children with mathematics learning disabilities or at risk: Overview of a series of systematic literature reviews

Summary:

Numbers and mathematics are daily used in our society. Nevertheless, some children present with mathematics learning disabilities that have consequences on the school and professional life in adulthood. The objective of the present study is to present an overview and to establish a narrative synthesis of a series of systematic literature reviews and meta-analyses on the efficiency of the interventions in mathematics for children with mathematics learning disabilities or at risk for it. The used methodology is the systematic review and the narrative synthesis. Among the thirteen selected studies, eight have an acceptable methodological quality. The results show that the interventions in mathematics are effective for the immediate learning and that the direct/explicit intervention is effective for many mathematics domains. Moreover, efficient practices of intervention are recognizable: learning of strategies, prompting, and modeling. Nonetheless, if general directions can be drawn, the results do not allow to provide precise information to develop a specific intervention.

Keywords: Developmental dyscalculia, mathematics learning disabilities, intervention – Evidence-Based Practice, overview

----- INTRODUCTION -----

Les nombres et les mathématiques ont une importance fondamentale dans notre société. À cet effet, les capacités mathématiques sont fortement prédictives du succès à l'école du jeune apprenant (Duncan et al., 2007), tout comme elles sont fortement associées au statut socio-économique des citoyens (Ritchie & Bates, 2013), à la qualité de vie de l'enfant et de son entourage (Matteucci et al., 2019) et au niveau d'anxiété mathématique (Ashcraft, 2002). Si nombre d'activités mathématiques (ex : estimer l'argent nécessaire pour ses courses, calculer l'heure de départ pour un rendez-vous, comprendre les relations mathématiques dans les conversations quotidiennes, etc.) sont réalisées très facilement et quasi automatiquement dans la vie quotidienne chez la plupart des individus, elles représentent pour d'autres des défis importants.

La présente étude a pour objectif général d'aider les professionnels à faire un choix éclairé dans l'élaboration d'un plan d'intervention en mathématiques auprès d'enfants présentant un Trouble Spécifique des Apprentissages en Mathématiques (TSAM) ainsi que de les diriger vers des synthèses de la littérature rigoureuses. Elle cible les revues systématiques et les méta-analyses car celles-ci constituent une synthèse d'études évaluées de manière critique permettant de retirer des recommandations générales de bonnes pratiques en un temps raisonnable (Garrett & Thomas, 2006). Elles visent donc à fournir des données de la littérature d'un haut niveau de preuve et évaluées de manière critique (cotation de la méthodologie en aveugle des deux auteurs) afin de rendre une pratique basée sur des données probantes moins chronophage (Hargrove et al., 2008 ; Johnson, 2006).

Le TSAM est un trouble neurodéveloppemental d'origine biologique. L'origine comprend une interaction de facteurs génétiques, épigénétiques et environnementaux, qui affectent la capacité à percevoir et à traiter les informations numériques de manière précise et efficace (DSM-5 ; American Psychiatric Association, 2016). De multiples systèmes cognitifs et neuronaux (i.e., système numérique, mnésique, visuospatial, langagier et exécutif) seraient impliqués dans l'étiologie du TSAM. Butterworth et al. (2011) ont proposé un modèle des interrelations possibles entre ces différents niveaux (voir figure 1) et le contexte éducatif. Le sujet reste toutefois controversé. Selon Iuculano (2016), la plupart des études n'ont pas adopté une vision globale ou dynamique de ce trouble. Plusieurs auteurs émettent désormais l'hypothèse d'un déficit aux causes multiples (Moura et al., 2020).

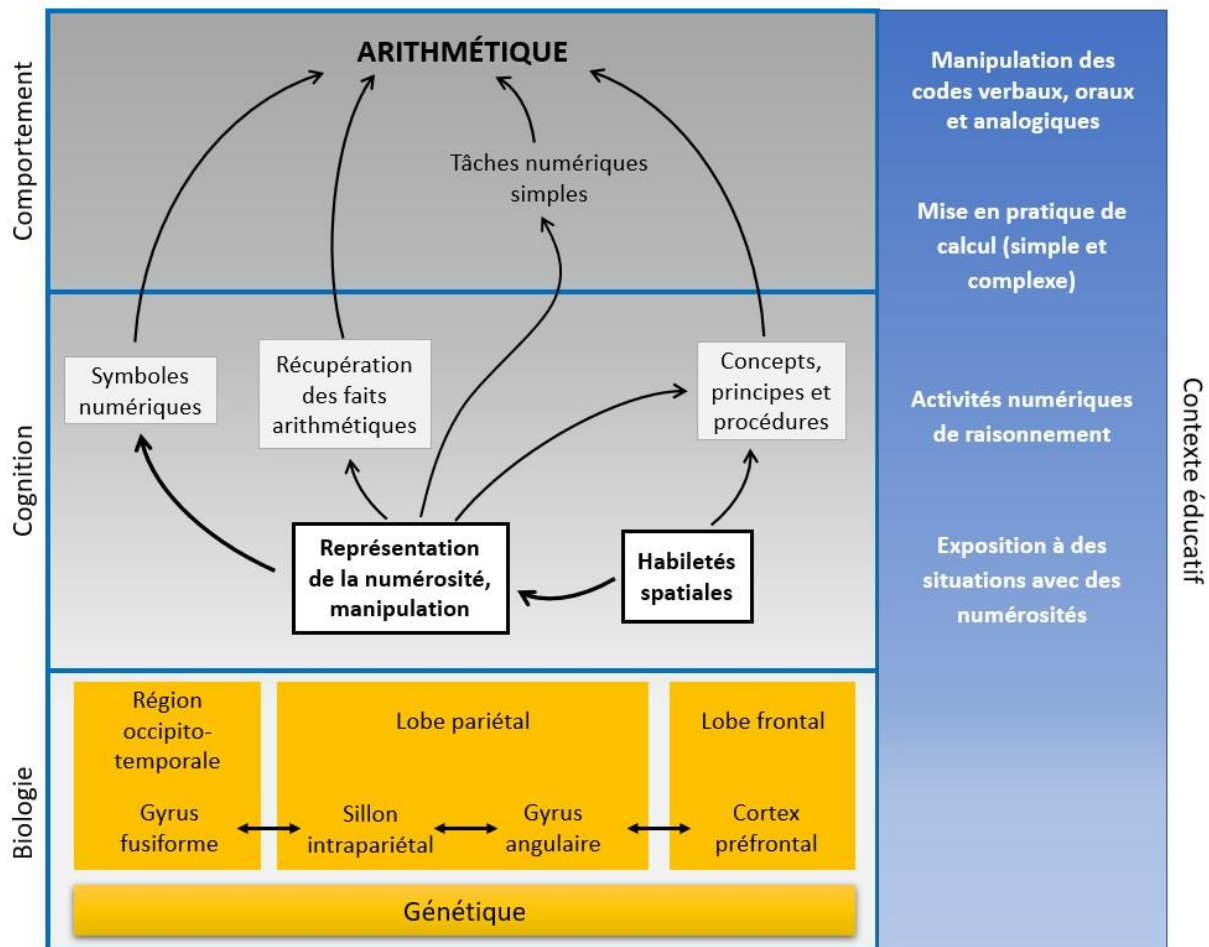


Figure 1

Adaptation française du modèle de l'étiologie du TSAM présenté dans Butterworth et al. (2011)

D'un point de vue des critères de diagnostic, selon le DSM-5, le TSAM se caractérise par l'objectivation des symptômes comportementaux suivants : a) des difficultés à maîtriser le sens des nombres, les données chiffrées ou le calcul ; b) des difficultés avec le raisonnement mathématique. Ces difficultés interfèrent de façon significative avec les performances scolaires, universitaires ou professionnelles, ou avec les activités de la vie courante en dépit des interventions proposées. Par ailleurs, les difficultés ne sont pas mieux expliquées par des troubles d'ordre sensoriel, neurologique, psychiatrique ou environnemental. La prévalence du TSAM est estimée entre 5 et 7 %, ce qui est plus ou moins équivalent à celle du Trouble Spécifique des Apprentissages en Lecture (i.e., dyslexie) malgré une recherche bien moins développée dans ce domaine (Butterworth et al., 2011 ; Institut national de la santé et de la recherche médicale, 2007).

Lafay et Cattini (2020) ont réalisé une synthèse narrative d'une série de revues de littérature systématiques et de méta-analyses à propos de l'efficacité des interventions en mathématiques chez l'enfant susceptible de présenter des difficultés mathématiques en dehors du TSAM (ex : syndrome génétique). Elles ont montré que les interventions en mathématiques auprès de ces enfants et adolescents sont efficaces pour l'apprentissage immédiat et que des pratiques d'intervention sont identifiables. En particulier, les résultats convergent vers l'efficacité de l'intervention directe/explicite (par exemple : apprentissage de stratégies d'auto-apprentissage, apprentissage de l'auto-contrôle, indigage, *modeling*, outils externes). À ce jour, et à notre connaissance, aucune synthèse similaire n'existe pour l'enfant présentant un TSAM.

----- OBJECTIFS -----

Le premier objectif est d'établir une revue systématique afin de faire une synthèse narrative d'une série de revues de littérature systématiques et de méta-analyses à propos de l'efficacité des interventions en mathématiques chez l'enfant présentant un TSAM. La description et l'évaluation de la qualité méthodologique permettront, pour un second objectif, de dégager des recommandations cliniques dans la discussion. Les questions de recherche sont les suivantes :

1. Quels sont les domaines d'intervention étudiés auprès des élèves du primaire présentant ou étant à risque de présenter un TSAM ?
2. Quelles sont les ingrédients actifs des interventions probantes pour les enfants scolarisés en primaire présentant ou étant à risque d'un TSAM ?

----- MÉTHODOLOGIE -----

La ligne directrice pour conduire cette synthèse est celle établie par PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) sur le report systématique des données des études qui évaluent des interventions (Liberati et al., 2009 ; Moher et al., 2009).

1. Sources d'informations et stratégies de recherche

Une recherche a été effectuée par les deux auteurs. Une première recherche a été effectuée par Lafay sur trois bases de données (PsycInfo, Pubmed et ERIC) et un site internet spécifique (Cochrane). La recherche a eu lieu entre le 1^{er} décembre 2019 et le 7 janvier 2020. Différentes combinaisons de mots-clefs ont été utilisées : 1) « math* » ET « child* » ET « literature review OU systematic review OU meta-analysis », 2) « mathematic* difficult* » OU « mathematic* learning disabilit* » ET « literature review OU systematic review OU meta-analysis » ; 3) « math* » ET « child* » ET « intervention » ; 4) « math* » ET « learning disabilit* » ; 5) « mathematic* difficult* » ET « intervention ». La recherche sur Cochrane a été effectuée à l'aide du mot-clef « mathematic* » ou « math* ». Les titres et résumés des articles publiés après 2000 ont été lus et analysés un à un par Lafay.

De plus, une recherche sur les sites internet des journaux a été effectuée par Cattini. Les revues consultées sont celles ayant été rapportées lors de l'étude Lafay et Cattini (2020) mais également retrouvées dans les articles sélectionnés préalablement. La recherche a eu lieu entre le 2 janvier 2020 et le 19 janvier 2020. Les titres et résumés des articles publiés après 2000 ont été lus et analysés un à un par Cattini sur la base des critères d'inclusion et d'exclusion. Les articles originaux ont été consultés si le titre et le résumé ne permettaient pas de dégager tous les critères.

Enfin, les bibliographies de chaque article identifié ont été lues et analysées par Cattini.

2. Critères d'éligibilité

Pour être incluses dans cette synthèse, les études devaient chacune : 1) être une revue systématique de la littérature avec ou sans méta-analyse ; 2) être publiée en anglais ou en français ; 3) être publiée dans une revue à comité de lecture et révisée par les pairs ; 4) concerner tout ou en partie le domaine des mathématiques (avec des données distinctes pour ce domaine) ; 5) évaluer l'efficacité des interventions ; 6) comprendre au moins 50% d'enfants scolarisés en primaire ; 7) comprendre au moins 50% d'enfants présentant des difficultés en mathématiques

dans des contextes de TSAM ou d'être à risque de présenter un TSAM¹. En particulier, les revues de littérature devaient démontrer explicitement que les enfants considérés avaient un TSAM, soit par un diagnostic, soit par un suivi extérieur en mathématiques à la classe, soit par un test mathématique effectué par le chercheur.

Des critères d'exclusion ont été également précisés. Étaient exclues les études : 1) présentant des résultats expérimentaux isolés (étude de cas unique, étude de cas multiples, étude de groupe) ; 2) concernant l'évaluation des déficits.

3. Sélection des études

Une des auteures (Lafay) a examiné les titres et les résumés d'études pour établir l'éligibilité potentielle en termes de focus (intervention, mathématiques, enfants en difficulté). Une des auteures (Cattini) a examiné les articles pour établir l'éligibilité potentielle en termes de population (au moins 50% des enfants avec ou à risque d'avoir un TSAM et au moins 50% des enfants scolarisés en primaire). Les textes complets jugés pertinents pour la problématique ont alors été lus par les deux auteures pour s'assurer qu'ils pourraient être inclus dans cette synthèse.

4. Protocole de collecte des données

a. Processus d'analyse de la qualité méthodologique des études sélectionnées.

Pour répondre à la spécificité de cette étude incluant des revues systématiques comprenant des études de groupes et des études de cas, les auteures ont développé une grille d'analyse de la qualité méthodologique. AMSTAR 2 (A MeaSurement Tool to Assess systematic Reviews ; Shea et al., 2017) ne pouvait être sélectionné car cet outil analyse des revues incluant uniquement des études de groupes. La checklist de *Joanna Briggs Institute* pour les revues systématiques (Aromataris et al., 2015) et la *Critical Appraisal Skill Programm* ne permettaient pas d'obtenir une bonne fidélité inter-juges car les indications n'étaient pas assez précises. Le premier auteur a développé une grille d'évaluation adaptée d'AMSTAR 2 (Shea et al., 2017), la checklist de *Joanna Briggs Institute* pour les revues systématiques (Aromataris et al., 2015) et la *Critical Appraisal Skill Programm* (CASP, 2019). Elle comprend une évaluation de la qualité méthodologique de la revue selon : 1) la question de recherche de la revue, 2) les critères d'inclusion de la revue, 3) le protocole écrit préalablement, 4) le type d'articles sélectionnés dans la revue, 5) la méthode de recherche des articles de la revue, 6) la rigueur de la méthode de sélection des articles de la revue, 7) la rigueur de l'extraction de données de la revue, 8) la rigueur de l'évaluation méthodologique des articles de la revue, 9) la clarté des résultats fournis dans la revue, 10) la clarté et la pertinence des recommandations fournies aux professionnels dans la revue, 11) la clarté et la pertinence des perspectives de recherche fournies aux chercheurs dans la revue, 12) les informations concernant les conflits d'intérêt. La notation a consisté à attribuer entre 0 et 8 points selon les critères de manière pondérée en fonction de leur importance dans la qualité méthodologique de la revue. Un pourcentage strictement inférieur à 50% est considéré comme une méthodologie faible, entre 50% et 70 % comme moyenne, entre 71 et 90 % comme robuste, et supérieur à 90% comme très robuste. Le maximum est ainsi de 26 points pour une revue.

¹ La même recherche systématique à propos de l'efficacité des interventions en mathématiques chez des enfants présentant des difficultés en mathématiques dans un contexte pathologique non spécifique comme la déficience intellectuelle, le trouble du spectre autistique, les syndromes génétiques a fait l'objet d'un autre article (Lafay & Cattini, 2020).

Les deux auteures ont indépendamment évalué la qualité méthodologique des revues de littérature considérées selon une procédure en plusieurs étapes. Premièrement, les deux auteures ont codé la qualité méthodologique d'une étude sélectionnée au hasard (Zheng et al., 2012). Cette procédure a été effectuée de manière indépendante par chaque auteure. Une mise en commun a été effectuée de sorte à identifier les difficultés de codage, revoir les critères et se mettre d'accord sur les éléments à considérer. Deuxièmement, les deux auteures ont codé, de manière indépendante, la qualité méthodologique de l'ensemble des autres revues de littérature. Le pourcentage d'accords inter-codeuses, utilisé pour établir la fidélité de l'évaluation de la qualité méthodologique des revues de littérature considérées, s'élevait à 90%. Troisièmement, les deux auteures se sont mises d'accord pour obtenir un consensus.

b. Processus d'extraction des données.

Afin de développer une grille d'extraction des données adaptée au sujet de l'étude, les recommandations reprises dans Brown et al. (2003) ont été suivies : 1) examiner un sous-ensemble aléatoire d'études à synthétiser, 2) énumérer toutes les variables pertinentes, 3) inclure ces variables dans la grille d'extraction, et 4) tester la grille d'extraction sur un ensemble d'études. La version finale de l'outil s'est également appuyée sur la checklist *Template for Intervention Description and Replication* (TIDIER ; Hoffmann et al., 2014), la *Consolidated Standards of Reporting Trials* (CONSORT ; Schulz et al., 2010) et les recommandations de Cochrane France (Pitcher & Créquit, 2019) par Cattini. Elle comprend les variables suivantes : 1) la source, 2) les informations générales des études appartenant aux revues systématiques, 3) la qualité méthodologique des études appartenant aux revues systématiques, 4) la population, 5) les interventions à savoir a) l'objectif, b) les modalités, c) le dosage (c'est-à-dire durée des séances, nombre de total de séances et durée totale de l'intervention), d) les moyens et 6) le domaine ciblé par l'intervention, à savoir a) les mesures prises, b) les résultats (taille d'effet : g de Hedge²). La grille développée pour ce projet est en libre accès sur internet (lien : https://www.researchgate.net/publication/355498827_Grille_d'extraction_des_donnees_de_revues_de_la_litterature) ou disponible sur demande aux auteures.

L'extraction des données a été faite en plusieurs étapes. Premièrement, les deux auteures ont extrait les caractéristiques d'une étude sélectionnée au hasard (Zheng et al., 2012). Cette procédure a été effectuée de manière indépendante par chaque auteure. Une mise en commun a été effectuée de sorte à identifier les difficultés de l'extraction, revoir les critères et se mettre d'accord sur les éléments à extraire. Deuxièmement, les deux auteures ont extrait, de manière indépendante, les caractéristiques de trois études sélectionnées au hasard (Chodura et al., 2015 ; Lein et al., 2020 ; Monei & Pedro, 2017). Le pourcentage d'accord inter-codeuses, utilisé pour établir la fidélité de l'extraction des données des revues de littérature considérées, s'élevait à 85% en moyenne (respectivement 88 %, 84% et 84%). Le pourcentage d'accord inter-codeuses satisfaisant a mené à la troisième étape : une des auteures (Lafay) a extrait les données de l'ensemble des autres revues de littérature. Quatrièmement, l'autre auteure (Cattini) a vérifié chacune des extractions en confrontant l'extraction effectuée par Lafay et les informations fournies dans les textes. Cinquièmement, les deux auteures se sont mises d'accord pour obtenir un consensus.

²Indicateurs statistiques évaluant la grandeur d'effet. La littérature suggère de considérer un $g = 0,20$ comme étant un effet faible, un $g = 0,50$ comme étant un effet modéré et un $g = 0,80$ comme un effet fort. Il s'agit là d'une aide à l'interprétation qui n'a rien d'une règle stricte et qui dépend du sujet et du contexte de l'étude.

RÉSULTATS

1. Sélection des études

Un total de 652 études a été identifié par la recherche. Après l'exclusion de duplicata et après avoir appliqué les critères d'inclusion et d'exclusion sur les titres et les résumés, treize études ont été sélectionnées. La figure 2 présente le diagramme de la procédure de sélection des études.

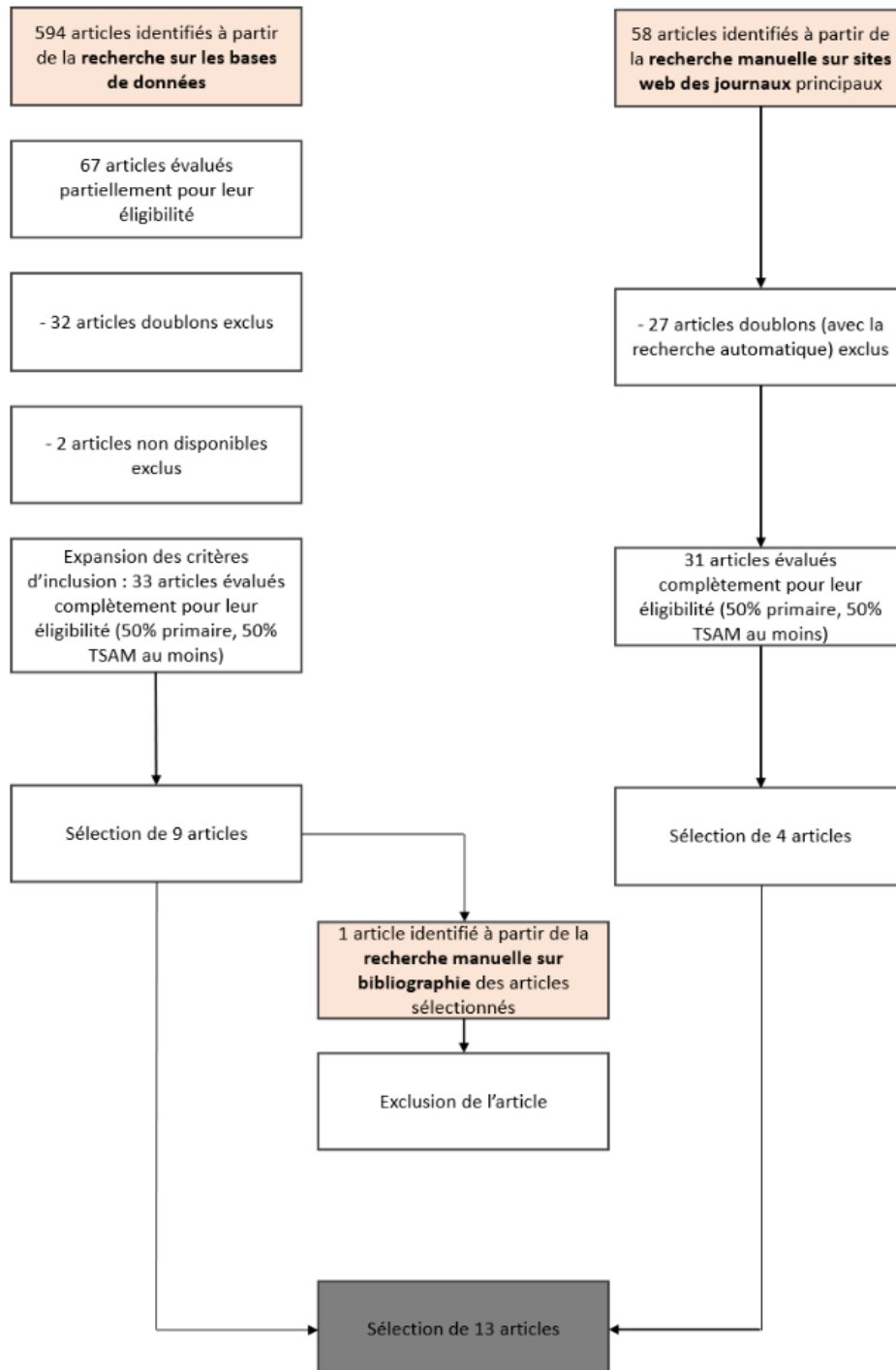


Figure 2
Diagramme de la procédure de sélection des études

2. Qualité méthodologique des études sélectionnées

La qualité méthodologique des treize revues de littérature identifiées a été évaluée avec la grille élaborée pour cette étude. Les deux auteurs ont attribué le même score pour 375 des 420 critères, soit 89.3 %. Après discussion au sujet des points de désaccord, un consensus a été obtenu. Le tableau 1 détaille l'ensemble des scores obtenus par chaque revue pour chaque critère.

Tableau 1*Analyse de la qualité méthodologique des treize études sélectionnées*

	Q1 (/2.5)	Q2 (/1.5)	Q3 (/1)	Q4 (/2)	Q5 (/8)	Q6 (/2)	Q7 (/3)	Q8 (/3)	Q9 (/3)	Q10 (/1)	Q11 (/1)	Q12 (/1)	Total (/29)
Baker et al. (2002)	1	1.5	0	2	1.5	1	1	0	1	1	0	0	10
Chodura et al. (2015)	2	1.5	0	2	5	1	2	1	3	0	1	0	18.5
Cozad & Riccomini (2016)	2.5	1.5	0	1	3.5	0	2	0	2	1	1	0	14.5
Dennis et al. (2016)	2.5	1.5	0	2	1.5	0	2	3	3	0	1	0	16.5
Jitendra et al. (2016)	1.5	1.5	0	2	4.5	0	0	3	0	1	1	0	14.5
Kiru et al. (2018)	2.5	1.5	0	1	1.5	0	3	0	2	0	1	1	13.5
Kroesbergen & Van Luit (2003)	2.5	1	0	2	1	2	1.5	0	3	1	0	0	14
Kunsch et al. (2007)	2.5	1.5	0	1	4	0	2.5	0	2	1	1	0	15.5
Lämsä et al. (2018)	2.5	1	0	0	4	0	1	0	1	0	1	1	11.5
Lein et al. (2020)	2.5	1.5	0	2	2	1	3	0	3	1	1	0	17
Monei & Pedro (2017)	0.5	0.5	0	1	3.5	1	2	3	0	0	0	0	11.5
Stevens et al. (2018)	0.5	1.5	0	1	1.5	1	3	1	3	0	1	1	16.5
Zheng et al. (2012)	0.5	1.5	0	2	1.5	0	3	0	3	0	0	1	14.5
Total par critères	27.5/32.5	17.5/19.5	0/13	19/26	35/104	7/26	26/39	11/39	26/39	6/13	9/13	4/13	

Légende. Les études sont classées par ordre alphabétique. Cases grisées : score inférieur à 50% pour la rigueur méthodologique de l'étude. Q1 Question de recherche de la revue ; Q2 Critères d'inclusion de la revue ; Q3 Protocole écrit préalablement ; Q4 Type d'articles sélectionnés dans la revue ; Q5 Méthode de recherche des articles ; Q6 Rigueur de la méthode de sélection ; Q7 Rigueur de l'extraction de données ; Q8 Rigueur de l'évaluation méthodologique des articles ; Q9 Clarté des résultats ; Q10 Clarté et pertinence des recommandations cliniques ; Q11 Clarté et pertinence des perspectives de recherche ; Q12 Informations concernant les conflits d'intérêt.

Les scores des revues de littérature identifiées vont de 10/29 à 18.5/29 (moyenne = 14.5/29 ; écart-type = 2.43). Cinq revues obtiennent une qualité méthodologique faible : Baker et al. (2002), Kiru et al. (2018), Kroesbergen et Van Luit (2003), Lämsä et al. (2018) et Monei et Pedro (2017). Les autres revues ($n = 8$) obtiennent une qualité méthodologique moyenne : Chodura et al. (2015), Cozad et Riccomini (2016), Dennis et al. (2016), Jitendra et al. (2016), Kunsch et al. (2007), Lein et al. (2020), Stevens et al. (2018) et Zheng et al. (2012). Aucune étude ne satisfait le critère de « robuste » ou « très robuste ».

Sur la totalité des études, 40.3% des critères sont totalement satisfaits, 25.2 % des critères sont partiellement satisfaits et 34.6 % des critères ne sont pas satisfaits. Par ailleurs, tous les critères ne sont pas traités de manière équivalente. Le critère 3 « Protocole écrit préalablement » n'est satisfait par aucune des revues sélectionnées. Quatre critères sont considérés par moins de la moitié des revues sélectionnées : le critère 6 « Sélection rigoureuse des études », le critère 8 « Analyse méthodologique rigoureuse des études », le critère 10 « Recommandations pour la pratique » et le critère 12 « Conflit d'intérêts ». Les sept autres critères sont, au contraire, bien considérés, que cela soit de manière complète ou partielle.

3. Question de recherche 1 : synthèse des domaines d'intervention étudiés

Les domaines mathématiques étudiés dans les revues sélectionnées peuvent être décomposés en 11 catégories principales : 1) compétences générales (c.-à-d. les revues ne spécifient pas le domaine mathématique, recourent l'ensemble des domaines ou renvoient à des articles expérimentaux ayant évalué les mathématiques par un test mathématique qui comprend plusieurs domaines mathématiques), 2) habiletés numériques précoces, 3) numération, 4) transcodage, 5) faits arithmétiques, 6) calcul (procédures et connaissances conceptuelles), 7) résolution de problèmes, 8) fraction, 9) algèbre, 10) géométrie et 11) raisonnement. Le tableau 2 indique les domaines mathématiques ciblés dans les treize études sélectionnées.

Tableau 2*Analyse des domaines mathématiques visés dans les treize études sélectionnées*

	Habilités numériques précoces	Numération	Transcodage	Faits arithmétiques	Calcul	Résolution de problèmes	Fractions	Algèbre	Géométrie	Raisonnement	Compétences générales	Total (/11)
Baker et al. (2002)	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	3
Chodura et al. (2015)	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	6
Cozad & Riccomini (2016)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
Dennis et al. (2016)	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	+	7
Jitendra et al. (2016)	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	4
Kiru et al. (2018)	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	5
Kroesbergen & Van Luit (2003)	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	8
Kunsch et al. (2007)	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	3
Lämsä et al. (2018)	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	3
Lein et al. (2020)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1
Monei & Pedro (2017)	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	+	6
Stevens et al. (2018)	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	4
Zheng et al. (2012)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1
Total par critères (/13)	5	1	1	9	8	10	6	3	1	1	7	

Légende. Les études sont classées par ordre alphabétique. Cases grisées : score strictement inférieur à 50% pour la rigueur méthodologique de l'étude.

En moyenne, une revue explore quatre domaines des mathématiques (écart-type : 2.3 ; valeur minimum de 1 ; valeur maximum de 8). Une majorité des études (70 %) explore l'effet des interventions dans plus de trois domaines mathématiques. Trois études, quant à elles, explorent uniquement un domaine d'intervention : Cozad et Riccomini (2016) pour les faits arithmétiques, Lein et al. (2020) et Zheng et al. (2012) pour la résolution de problèmes.

Les différents domaines mathématiques sont étudiés dans un nombre de revues très variable avec une moyenne de 4.7 (écart-type : 3.5 ; valeur minimum de 1 ; valeur maximum de 10). La résolution de problèmes (10/13), les faits arithmétiques (9/13) et le calcul (procédures et connaissances conceptuelles) (8/13) sont de loin les domaines les plus étudiés. Notons que les domaines de la numération, du transcodage (lecture et dictée de nombres), de la géométrie et du raisonnement sont très peu étudiés puisqu'une seule revue traite chacun de ces domaines.

4. Question de recherche 2 : synthèse des ingrédients actifs des interventions probantes

Cinq des treize revues incluses présentent une rigueur méthodologique inférieure à 50%. Le tableau 3 (a, b et c) détaille les données extraites des revues de littérature sélectionnées et étudiées en termes de méthodologie des études, participants, interventions et résultats. Les revues sont classées par ordre décroissant selon le score obtenu en regard de leur qualité méthodologique. Notons que le tableau 3 fournit aussi, à titre indicatif, les résultats de l'extraction de données des études présentant une rigueur méthodologique inférieure à 50% mais ceux-ci ne sont pas pris en compte dans la synthèse narrative qui suit. De plus, compte-tenu du manque d'informations ou du manque d'homogénéité, nous avons supprimé les données concernant le lieu de l'intervention, le dosage, les résultats de maintien et les résultats de généralisation.

Tableau 3a*Extraction des données des treize revues sélectionnées : méthodologie et participants*

	Informations générales sur les études		Qualité méthodologique des études	Participants					
	Date des études	Nombre d'études	Taille de l'échantillon	Design	Outil(s)	Résultats	Age / classe	Diagnostic	Performances en mathématiques
Chodura et al. (2015)	1985 à 2014	35	1330	EGE	DIAD	Moyenne de 0.65 (0.46 à 0.82)	6 à 12 ans	A risque (51%), TSA (37%), TSAM (12%)	< P26 à un test normé en math ; critères DSM
Lein et al. (2020)	1989 à 2019	33	2838	ECR (77%) ; EGQE (23%)	NP	NP	Grade 3 (39%), 13% Grade 4 (13%), Grade 5 (3%), primaires mixtes (16%)	TSA (21%), TSAM (62%), TSAL + TSAM (17%)	< P35 à un test normé en math
Dennis et al. (2016)	2001 à 2014	25	3746	EGE ou EGQE	EDQI	32% haute qualité, 52% qualité acceptable, 16% qualité faible	Maternelles à Grade 5	TSAM	< P25 à un test normé en math
Stevens et al. (2018)	1990 à 2015	25	NP	EGQE (16%) ; EdCE (84%)	Standards CEC	Moyenne de 0.73 (0.57 à 0.92). 52% score supérieur à 0.75, 48% score égal ou inférieur à 0.75.	Grades 4-5 (60%)	TSAM	Test normé ou identification par l'enseignant-e
Kunsch et al. (2007)	1982 à 2003	17	1730	ECR ou EGQE	NP	NP	École élémentaire (82%)	TSAM (27%), À risque (37%), DT (36%)	NP
Cozad & Riccomini (2016)	1988 à 2015	8	576	EGE (50%) ; EdCE (50%)	NP	NP	7-14 ans, Grades 2-5	TSAM (77%) ; TSA (2%)	< P25 à un test normé en math ou identification par l'enseignant-e
Jitendra et al. (2016)	1988 à 2014	13	NP	EGE ou EGQE	EDQI	62% haute qualité	69% Grades 2-5	A risque (46%), TSA (31%) ; mixte (23%)	< P25 à un test normé en math
Zheng et al. (2012)	1986 à 2009	15	482	ECR (26.6%) ; EGQE (20%) ; EdCE (53.4 %)	NP	NP	Études de groupes : moyenne 9 ans, Grades 1-8. Études de cas : moyenne de 12.74, Grades 3-11	TSAM et TSAL + TSAM	< P25 à un test normé en math

Kroesbergen & Van Luit (2003)	1985 à 2000	61	2509	EG (66%) ; EdCE (34%)	NP	NP	5 à 12.7 ans, moyenne de 8.6 ans	A risque (64%), TSA (17%), DI légère (8%) ; mixte (11%)	NP
Kiru et al. (2018)	2000 à 2016	19	1288	EG (53%) ; EdCE (47%)	NP	NP	Maternelle à Grade 12	À risque ou TSAM	NP
Lämsä et al. (2018)	2009 à 2017	6	247	NP	NP	NP	4 à 10 ans	TSAM	NP
Monei & Pedro (2017)	2006 à 2014	11	876	Mixte	QAT	27% haute qualité, 73% qualité modérée	Grades 1-5	TSAM, TSAM + TSAL, mixte	DSM-IV
Baker et al. (2002)	1982 à 1999	15	1291	EGE (64%) ; EGQE (36%)	NP	NP	Grades 2-11	À risque	Test normé ou en remédiation

Légende. Cases grisées : score inférieur à 50% pour la rigueur méthodologique de l'étude. CEC = Council of Exceptional Children's (Cook et al., 2015). DI = déficience intellectuelle. DIAD = Design and Implementation Assessment Device (Valentine & Cooper, 2008). DT = Développement Typique. ECR = Essai Contrôlé Randomisé. EdCE = étude de cas expérimentale. EDQI = Essential and Desirable Quality Indicators (Gersten et al., 2005). EGE = étude de groupe expérimentale. EGQE = Etude de Groupe Quasi Expérimentale. NP = non précisé. Grade 1 à 5 = CP au CM2. Grade 6 à Grade 12 = Collège et Lycée. QAT = Quality Appraisal Tool. TSA = Trouble Spécifique des Apprentissages. TSAL = Trouble Spécifique des Apprentissages en Lecture. TSAM = Trouble Spécifique des Apprentissages en Mathématiques.

Tableau 3b

Extraction des données des treize études sélectionnées : intervention

	Objectif	Modalité		Moyens	
		Administrateur	Groupe ou individuel	Matériel/ outils	Procédures
Chodura et al. (2015)	Améliorer la performance mathématique et en calcul : compétences générales (3%), préparation aux maths (14%), arithmétique de base (74%), résolution de problèmes (37%)	NP	Classe (8.6%) ; groupe (28.6%) ; individuel (48.6%)	Ordinateur (34.3%)	Type d'instruction : assistée par les enseignants (40%) ; directe (28.6%) ; stratégie (17%) ; autoapprentissage (11.4%). Intervention adaptative : difficulté des items (28.6%) ; type d'exercice (5.7%) ; temps de pratique (28.6%) ; non adapté (42.9%).
Lein et al. (2020)	Améliorer la résolution de problèmes : additions et soustractions (45%), quatre opérations (23%), fractions/pourcentages/décimales (16%), ratios et proportions (10%), algèbre (6%)	Chercheur (52%) ; personnel scolaire (23%) ; combiné (16%)	Classe (18%) ; Petits groupes de 2-7 (58%) ; petits à moyens groupes (6%) ; individuel (10%) ; NP (6%)	NP	Instruction explicite et la stratégie cognitive (32%) ; SBI (23%) ; SBTI (29%).
Dennis et al. (2016)	Améliorer la performance mathématique	Chercheur (44%) ; enseignant 16%) ; ordinateur (20%) ; chercheur et ordinateur (4%) ; pairs (8%) ; para-professionnels (8%)	Grand groupe (12%) ; petit groupe (40%) ; taille du groupe flexible (8%) ; individuel (40%)	Ordinateur (24%)	Attribution (4%) ; contrôle de la difficulté (88%) ; élaboration (84%) ; indiçage (60%) ; nouveauté (24%) ; <i>modeling</i> (72%) ; organisateur visuel (28%) ; pratique explicite (88%) ; questionnement (36%) ; renforcement (44%) ; réduction de la tâche (60%) ; séquençement (92%) ; technologie (32%) ; travail complémentaire à celui des enseignants (20%)
Stevens et al. (2018)	Améliorer la performance mathématique : opérations (40%), fractions (24%), résolution de problèmes (32%), compétences générales (4%)	Chercheur (44%) ; enseignant (28%) ; enseignant et chercheur (16%) ; ordinateur (8%) ; chercheur et ordinateur (4%)	Groupe de moins de 8 enfants (68%) ; groupe de 8 enfants ou plus (32%)	NP	Ancrages (4%) ; CRA (4%) ; fraction ligne numérique (8%) ; instruction explicite (33.3%) ; instruction par les schémas (12.5%) ; moyens mnémotechniques (8%) ; problème contextualisé (8%)
Kunsch et al. (2007)	Améliorer la performance mathématique par le biais d'intervention médiée par les pairs : faits arithmétiques et procédures (47%), calcul, concept et application (47%), NP (6%)	Tutorat par les pairs	NP	NP	NP
Cozad & Riccomini (2016)	Améliorer la fluence arithmétique : 4 opérations (1 étude), addition (1 étude), soustraction (2 études), multiplication (5 études)	NP	NP	Tablette (37%) ; programme internet (37%) ; logiciel (26%)	Type de réponse : réponses ouvertes (4 programmes) ; réponses à choix multiples (3 programmes). Temps alloué à l'enfant pour répondre : temps pour répondre (4 programmes) ; NP (4 études). Feedback : essais supplémentaires (3 programmes) ; bonne réponse et copie (2 programmes) ; feed-back correctif (3 programmes) ;

feed-back (1 programme).

Jitendra et al. (2016)	Améliorer la performance mathématique par le biais d'intervention avec des représentations : faits arithmétiques et calcul (15%), résolution de problèmes (54%), fractions (23%), autre (8%)	Chercheur (54%) ; enseignant (23%) ; chercheur et enseignant (15%) ; autre (8%)	Classe (15%) ; groupe (62%) ; individuel (23%)	Représentations visuelles (54%) ; matériels de manipulation et représentations visuelles (46%)	NP
Zheng et al. (2012)	Améliorer la résolution de problèmes : plus d'une opération (100%), concept (78%), problèmes à plusieurs étapes (33%), problèmes à une étape (67%)	NP	Études de groupe : grand groupe (29%) ; petit groupe (57%) ; individuel (14%). Études de cas : petit groupe (12%) ; individuel (88%).	Études de groupe : aucune information. Études de cas : matériel de manuels scolaires (12%) ; matériels développés par les chercheurs (88%).	Attributions (42-50%) ; contrôle de la complexité (57-100%) ; élaboration (71-100%) ; indigage pour l'utilisation de stratégies (86-100%) ; <i>modeling</i> des compétences (71-100%) ; nouveauté (36-57%) ; organisateur visuel (71-100%) ; pratique explicite (100%) ; questionnement (86-100%) ; réduction de la tâche (71-100%) ; renforcement (42-75%) ; séquençement (86-100%) ; technologie (57-75%).
Kroesbergen & Van Luit (2003)	Améliorer la performance mathématique : compétences préparatoires (21%), faits arithmétiques (51%), résolution de problèmes (28%)	Enseignant (80%) ; ordinateur (20%) ; tutorat par les pairs (16%)	NP	Ordinateur (19%)	Type d'instruction : directe (75%) ; auto-apprentissage (26%) ; assistée par les pairs (16%). Mathématiques réalistes (23%).
Kiru et al. (2018)	Améliorer la performance mathématique par le biais d'intervention médiée par la technologie : faits arithmétiques (32%), résolution de problèmes (26%), fractions (16%), autre (26%)	NP	NP	Variété de plateformes technologiques	Toutes les études fournissent les opportunités de pratique : 21% pratique seulement ; 21% intervention explicite (démonstration, feedback, opportunités de pratique). Feedback visuel (42%) ; feed-back auditivo-verbal (11%) ; démonstration (16%).
Lämsä et al. (2018)	Amélioration des compétences mathématiques de base par le biais de logiciels/applications éducatifs	NP	Individuel	Jeux sérieux	Niveau adaptable (60%) ; réglable et personnalisable (60%) ; utilisation d'aspect audio-visuel (80%) ; univers imaginaire (80%)
Monei & Pedro (2017)	Améliorer la performance mathématique : résolution de problèmes (2 études), combinaison de nombres (1 étude), faits arithmétiques (1 étude), performance mathématique générale (7 études)	NP	NP	Ordinateur (18%)	Utilisation de la technologie, apprentissage de stratégie, instruction explicite avec feedback et <i>modeling</i> verbal et visuel ; interventions neuropsychologiques.
Baker et al. (2002)	Améliorer la performance mathématique	Enseignant, tutorat par les pairs, parents et ordinateur	NP	Outils informatiques (27%)	Instruction explicite par l'enseignant et approche contextualisée ; feedback concret aux parents ; recommandations aux enseignants et aux élèves ; apprentissage assisté par les pairs.

Légende. Cases grisées : score inférieur à 50% pour la rigueur méthodologique de l'étude. CRA = *Concrete Representational Abstract*. NP = non précisé. SBI = *Schema-Based Instruction*. SBTI = *Schema Broadening and Transfer Instruction*.

Tableau 3c

Extraction des données des treize études sélectionnées : mesures et résultats

	Résultats		Sources de financement
	Mesures	Mesures à court terme (effet immédiat)	
Chodura et al. (2015)	NP	Efficacité des interventions mathématiques (différence moyenne estimée à 0.83). Efficacité de l'instruction directe et assistée	<i>German Federal Ministry of Education and Research</i>
Lein et al. (2020)	71 % évaluations développées par des chercheurs ; 26 % évaluations normées	Effet moyen allant de -0.55 à 2.11. Résultats significatifs pour TSAM+TSAL. SBTI (1.06) > SBI (0.40) > apprentissage de stratégie (0.28) > autres (0.11)	NP
Dennis et al. (2016)	NP	Effet global positif de 0.53 (hétérogénéité entre les études). Instruction assistée par les pairs (0.82) > Instruction explicite (0.76) > Recommandations pédagogiques aux enseignants (0.63) > Fournir des données à l'étudiant (0.58) > Technologie (0.39)	NP
Stevens et al. (2018)	NP	Effet moyen de 0.71 (-0.66 à +4.65). Après suppression des études à tout petit effectif : effet moyen de 0.46.	<i>Institute of Education Sciences in the U.S. Department of Education to The University of Texas at Austin</i>
Kunsch et al. (2007)	53% mesures développées par les chercheurs; 24% des mesures normées ; 23% mixte	Effet moyen de 0.47 pour les interventions avec médiation par les pairs. Effet fort (6%), effet fort à modéré (24%), effet modéré (24%), effet modéré à faible (17%), effet faible (29%).	NP
Cozad & Riccomini (2016)	DCPM pour 50% des études. 75 % des mesures basées sur le curriculum ; 25% des mesures normées.	Amélioration globale.	NP
Jitendra et al. (2016)	100% avec des mesures développées par les chercheurs ; 54% avec des évaluations normées	Effet moyen pour les études de haute qualité (0.72) et de qualité acceptable (0.68). Concernant les représentations visuelles : représentations visuelles (0.87) > matériel de manipulation et représentations visuelles (0.64).	NP
Zheng et al. (2012)	Études de groupes : 86% évaluations développées par des chercheurs ; 14% évaluations normées. Études de cas : 100% des évaluations développées par des chercheurs	Études de groupe : effet allant de 0.78 à 1.82 pour les TSAM et de 0.24 à 0.76 pour les TSAM-TSAL. Études de cas : effet large de 1.45 pour les TSAM et effet modéré de 0.58.	<i>Institute of Education Sciences ; postdoctoral training grant awarded to H. Lee Swanson</i>
Kroesbergen & Van Luit (2003)	NP	Pas de données sur la taille de l'effet global. Taille d'effet de l'auto-apprentissage (1.45) > Instruction directe (0.91) > Instruction assistée/médiée (0.34). Mais Faits arithmétiques : Self-instruction < Intervention directe. Taille d'effet mathématique réaliste (0.70) > non réaliste (1.04).	<i>Netherlands Organization for Scientific Research, Social Science Research Council</i>
Kiru et al. (2018)	NP	Études de groupes . Effet global positif. Concepts et procédures sur les nombres entiers : effets positifs (6/7). Résolution de problèmes arithmétiques verbaux : effets positifs. Faits arithmétiques : effets modérés. Études de cas . Effet global positif (PND 41-100%). Combinaisons de nombres : effets modérés à forts. Faits arithmétiques : effets forts (1/4) ;	<i>National Science Foundation through</i>

effets pas clairs (3/4). Résolution de problèmes : effets forts. Résolution de problèmes avec fraction : pas d'effet pour 2 enfants, effet modéré pour 1 enfant.			
Lämsä et al. (2018)	NP	Différence significative entre le groupe expérimental et contrôle : 66% des études. Amélioration statistiquement significative : 17% des études. Non précisé : 17% des études.	<i>Academy of Finland ; Finnish Cultural Foundation</i>
Monei & Pedro (2017)	27% évaluations développées par des chercheurs ; 73% évaluations normées.	NP	NP
Baker et al. (2002)	NP	Fournir du feedback aux jeunes (0.71). Fournir des recommandations aux enseignants quant aux problèmes à travailler (0.51). Apprentissage assisté par les pairs (0.62). Instruction explicite par l'enseignant (0.65) et instruction facilitée par l'enseignant (-0.04). Fournir aux parents des informations sur le succès de leur enfant (0.43)	<i>Texas Education Agency ; Research to Practice Division of the Office of Special Education Programs</i>

Légende. Cases grisées : score inférieur à 50% pour la rigueur méthodologique de l'étude. DCPM = *Digits correct per Minute*. NP = non précisé. PND = percentage of nonoverlapping data. SBI = *Schema-Based Instruction*. SBTI = *Schema Broadening and Transfer Instruction*. TSAL = Trouble Spécifique des Apprentissages en Lecture.

Toutes les revues mettent en évidence un effet statistiquement significatif des interventions proposées auprès des enfants scolarisés en primaire présentant un TSAM, quel que soit le domaine d'intervention envisagé. Notons que les études considèrent généralement le seuil d'un score inférieur au percentile 25 obtenu à une épreuve mathématique comme critère de TSAM.

Les interventions sont plus souvent proposées en groupe qu'en individuel dans les études recensées. Le lieu, l'administrateur et le dosage de l'intervention sont largement sous-spécifiés. Néanmoins, plusieurs études ont démontré l'influence de l'administrateur avec un effet significativement plus important lorsque l'intervenant est le chercheur comparativement à l'enseignant.

Nous allons détailler ci-après les ingrédients actifs probants pour chaque domaine d'intervention qui sont dégagés dans les revues ayant montré une rigueur méthodologique satisfaisante. Notons qu'aucune revue avec une rigueur méthodologique suffisante ne cible les domaines mathématiques de la numération, du transcodage (lecture et dictée de nombres), de la géométrie et du raisonnement.

a. Habiletés numériques précoces

Seules deux revues intègrent des études d'intervention visant les habiletés numériques précoces (ex : comptage, comparaison de nombres, etc.) : Chodura et al. (2015) et Dennis et al. (2016). Cinq études (14.3%) incluses dans la méta-analyse de Chodura et al. (2015) ciblent les habiletés numériques précoces par le biais d'une intervention directe (4 études) ou d'un apprentissage de stratégies (1 étude). Par ces approches, ce domaine obtient la taille d'effet la plus forte comparativement aux compétences arithmétiques et à la résolution de problèmes. Dennis et al. (2016) mettent en évidence un effet important de l'intervention assistée par les pairs. Dans ces deux revues, les compétences visées étaient l'identification de nombres, les combinaisons de nombres et la comparaison de nombres.

En résumé, des effets peuvent être attendus en proposant une intervention au niveau des habiletés numériques précoces par le biais d'une intervention directe, d'un apprentissage de stratégies et/ou d'une intervention assistée par les pairs.

b. Faits arithmétiques

Cinq revues intègrent des études d'intervention visant les faits arithmétiques : Chodura et al. (2015), Cozad & Riccomini (2016), Dennis et al. (2016), Jitendra et al. (2016) et Kunsch et al. (2007).

La revue de littérature de Cozad et Riccomini (2016) étudie les effets des interventions utilisant des outils numériques et ciblant spécifiquement la fluence arithmétique chez les enfants ayant un TSAM. Les huit études incluses dans cette revue utilisent une tablette (3 études), un programme internet (3 études) et un logiciel (2 études). Les études montrent une amélioration globale de la fluence arithmétique. Les auteurs évoquent le rôle supposé des caractéristiques comme la structure du programme ou le temps passé sur celui-ci mais sans étudier leurs effets.

La méta-analyse de Kunsch et al. (2007) montre une taille d'effet moyenne des interventions visant les faits arithmétiques par l'intervention assistée par les pairs avec de meilleurs résultats lorsque le tutorat est réalisé dans une classe d'enseignement normal. Il faut toutefois rester

vigilant car les enfants avec un TSAM obtiennent un effet globalement moindre par rapport aux enfants à risque de TSAM.

La méta-analyse de Jitendra et al. (2016) montre une taille d'effet moyenne des interventions utilisant du matériel de représentation (visuel et/ou de manipulation). L'analyse se basant uniquement sur deux études ciblant les faits arithmétiques, il est important de prendre les résultats avec prudence.

Dennis et al. (2016) obtiennent une taille d'effet moyenne sans dégager de composantes spécifiques.

La grande majorité des études de la méta-analyse menée par Chodura et al. (2015) évaluent également l'effet des interventions sur le niveau des compétences arithmétiques de base. Par manque d'informations, il est néanmoins difficile de déterminer les études visant les faits arithmétiques et celles abordant des notions de calcul plus complexes. Les approches interventionnelles sont variées : intervention directe, intervention assistée par l'enseignant, apprentissage de stratégies, auto-apprentissage. Selon les auteurs, l'intervention directe est particulièrement efficace pour améliorer les compétences arithmétiques de base.

En résumé, des effets peuvent être attendus en proposant une intervention au niveau des faits arithmétiques par le biais d'une intervention directe, d'une intervention assistée par les pairs et/ou de l'utilisation d'outils numériques.

c. Calcul (procédures et connaissances conceptuelles)

Quatre revues intègrent des études d'intervention visant le calcul (procédures et connaissances conceptuelles) : Chodura et al. (2015), Dennis et al. (2016), Kunsch et al. (2007) et Stevens et al. (2018).

La méta-analyse de Kunsch et al. (2007) montre une taille d'effet moyenne des interventions visant les procédures de calcul, l'exécution et les concepts par l'intervention assistée par les pairs. Dennis et al. (2016) obtiennent une taille d'effet de 0.75 tandis que Stevens et al. (2018) obtiennent une taille d'effet de 0.24. Les données présentées dans la méta-analyse de Chodura et al. (2015) ne permettent pas de distinguer les résultats pour les faits arithmétiques et les compétences en calcul. Les approches interventionnelles sont variées : intervention directe, intervention assistée par l'enseignant, apprentissage de stratégies, auto-apprentissage.

En résumé, des effets peuvent être attendus en proposant une intervention au niveau du calcul (procédures et connaissances conceptuelles). L'intervention assistée par les pairs est une approche montrant des effets significatifs.

d. Résolution de problèmes

Six revues intègrent des études d'intervention visant la résolution de problèmes (Chodura et al., 2015 ; Dennis et al., 2016 ; Jitendra et al., 2016 ; Stevens et al., 2018) dont deux étudient spécifiquement ce domaine (Lein et al., 2020 ; Zheng et al., 2012). C'est le domaine d'intervention le plus fréquemment étudié dans les revues sélectionnées.

Lein et al. (2020) concluent à une efficacité des interventions ciblant la résolution de problèmes chez les jeunes ayant un TSAM et/ou des difficultés mathématiques. Les interventions se

révélant les plus efficaces sont la *Schema Broadening and Transfer Instruction* (SBTI) et la *Schema-Based Instruction* (SBI) qui se définissent comme des instructions stratégiques se concentrant sur la structure sémantique du problème et incorporant des pratiques métacognitives et de représentations conceptuelles.

La méta-analyse réalisée par Zheng et al. (2012) met en évidence des ingrédients actifs en relation avec les plus grandes tailles d'effet : organisateur visuel du contenu de la séance, *modeling*, intervention explicite, contrôle de la complexité des problèmes, élaboration, découpage de la tâche en étapes, questionnement et indiçage pour l'utilisation de stratégies.

Onze des études de Chodura évaluent l'effet des interventions en résolution de problèmes. Les procédures d'intervention sont l'apprentissage de stratégies (4 études), l'intervention assistée (5 études), l'intervention directe (1 étude) et l'auto-apprentissage (1 étude).

La méta-analyse de Jitendra et al. (2016) montre une taille d'effet moyenne pour les interventions utilisant du matériel de représentation (visuel et/ou de manipulation).

Les autres revues démontrent également un effet significatif des interventions sans développer spécifiquement les composantes de l'intervention : Dennis et al. (2016) et Stevens et al. (2018) obtiennent une taille d'effet moyenne.

En résumé, les revues montrent majoritairement un effet significatif des interventions visant la résolution de problèmes auprès des enfants présentant un TSAM. Les approches à privilégier seraient la *Schema Broadening and Transfer Instruction* (SBTI) et la *Schema-Based Instruction* (SBI) qui intègrent une pratique explicite, une représentation avec des objets de manipulation et des schémas, un contrôle de la complexité (dont le séquençement des tâches complexes en sous-tâches), du *modeling*, un indiçage pour l'utilisation des stratégies et des questionnements.

e. Fractions

Trois revues intègrent des études d'intervention visant la compréhension ou l'utilisation des fractions (Dennis et al., 2016 ; Jitendra et al., 2016 ; Stevens et al., 2018). La méta-analyse de Jitendra et al. (2016) fournit une taille d'effet moyenne pour les interventions visant les fractions qui utilisent un matériel de représentation visuelle et/ou de manipulation. Sans fournir d'indications concernant les ingrédients actifs, Dennis et al. (2016) obtiennent une taille d'effet forte et Stevens et al. (2018) obtiennent une petite taille d'effet. Il faut toutefois prendre ces résultats avec précaution car le nombre d'études comparées est peu important dans les trois revues.

En résumé, les interventions ciblant les fractions sont rares auprès des enfants en primaire présentant un TSAM et aucune conclusion solide ne peut être dressée à ce jour.

f. Algèbre

Seule la méta-analyse de Dennis et al. (2016) intègre des études ciblant l'algèbre. Les auteurs eux-mêmes indiquent qu'il faut prendre ce résultat avec précaution car les études sont très peu nombreuses ($n = 4$). Ils ne fournissent aucune donnée concernant les ingrédients actifs des deux interventions.

En résumé, les interventions ciblant l’algèbre auprès des enfants en primaire présentant un TSAM sont trop peu nombreuses pour fournir une conclusion solide à ce jour.

g. Compétences mathématiques générales

La méta-analyse de Dennis et al. (2016) explore les effets des interventions mathématiques à travers sept domaines différents : habiletés numériques précoces, faits arithmétiques, calcul, résolution de problèmes, fraction, algèbre et compétences générales. Les auteurs concluent à un bon effet de l’intervention explicite directe (dirigée par l’enseignant). Les résultats suggèrent que les interventions intégrant du *modeling* et un contrôle de la complexité (enchaînement des tâches de facile à difficile) fournissent une taille d’effet plus forte. Par opposition, les résultats de la méta-analyse de Chodura et al. (2015) ne montrent pas d’effet significatif d’une composante adaptative de l’intervention (c’est-à-dire en termes de difficultés des items, temps de pratique ou type d’exercice).

En résumé, l’amélioration des compétences mathématiques générales est mise en évidence par le biais d’une intervention explicite.

----- DISCUSSION -----

En résumé, l’objectif général de la présente étude était d’établir une synthèse narrative sur l’efficacité des interventions en mathématiques chez l’enfant présentant ou étant à risque de présenter un TSAM. Pour cela, une revue systématique ciblant les revues de littérature et méta-analyses a été menée et a permis d’identifier un total de treize articles, dont huit seulement ont une qualité méthodologique acceptable.

1. Domaines d’intervention

La majorité des revues vise l’amélioration des performances en mathématiques en portant son attention sur les habiletés plutôt que les processus cognitifs sous-tendant les difficultés en cognition mathématique. En effet, si l’on se réfère à l’adaptation française du modèle de l’étiologie du TSAM de Butterworth et al. (2011) présenté en introduction, on observe que plusieurs revues de littérature recensées et synthétisées dans le présent article traitent de l’arithmétique sur les aspects des faits arithmétiques ou encore de « récupération » des faits arithmétiques³ (ex : Cozad & Riccomini, 2016) et des procédures et des connaissances conceptuelles (ex : Chodura et al., 2015). En revanche, très peu traitent de la représentation de la numérosité (cinq études dans Chodura et al., 2015 ; revue de Dennis et al., 2016). Les interventions visant les déficits sous-jacents au TSAM sont sous-représentées avec principalement des études venant des sciences de l’éducation et, donc, se concentrant sur une amélioration des compétences mathématiques en classe ou en petits groupes. Or, en 2011, Moeller et collaborateurs discutaient des visions parfois opposées des approches neurocognitives et des sciences de l’éducation. Le domaine de recherche dans lequel les études trouvent leur origine ont un impact sur les résultats obtenus dans cette synthèse de la littérature. Iuculano (2016) suggère qu’une intervention globale qui s’appuie sur des principes éducatifs, mais aussi sur des modèles cognitifs du TSAM, pourrait représenter la meilleure approche pour améliorer les performances des TSAM.

³ Voir Thevenot (2017) pour une discussion autour du débat entre la récupération directe et mentale des faits arithmétiques et le calcul du résultat par application automatique et rapide de procédures mentales.

De même, aucune revue n'a ciblé le contexte environnemental en dehors du système scolaire (c.-à-d. manipuler les nombres, exposition au calcul, expérience de raisonnement, mise en pratique) en proposant des interventions indirectes par le biais de la formation des parents. Par ailleurs, les mesures des effets des interventions recensées ne prennent pas de mesures écologiques avec, par exemple, une amélioration du vécu du patient (ex : anxiété) ou encore des compétences améliorées sur des situations de la vie quotidienne (ex : achats).

2. Ingrédients actifs des interventions probantes

La deuxième question de recherche concernait les ingrédients actifs des interventions probantes pour les enfants scolarisés en primaire présentant ou étant à risque de présenter un TSAM.

L'extraction des données a été difficile car certains termes employés par les auteurs font référence à des approches qui regroupent différentes techniques sans systématiquement prendre le soin de les définir initialement.

A titre d'exemple, nous pouvons constater que l'intervention directe/explicite est efficace dans tous les domaines en cognition mathématique pour lesquels des données suffisamment robustes ont pu être dégagées. Toutefois, les auteurs des revues sélectionnées ne fournissent pas de définitions opérationnelles. L'intervention directe et l'intervention explicite peuvent être apparentées et semblent interchangeable (Rosenshine, 2009, 1986). Selon Agrawal et Morin (2016), elle comporte six composantes : (1) la révision journalière avec, par exemple, l'utilisation d'un organisateur visuel du contenu de la séance pour d'une part faire le lien avec la séance précédente et d'autre part expliquer l'objectif de la séance du jour ; 2) le *modeling*, ou démonstration, par l'adulte ; 3) la pratique guidée pendant laquelle l'adulte donne des instructions et des indices de façon que l'enfant réalise la tâche ; 4) le feedback (ou rétroaction) par l'adulte à l'enfant ; 5) la pratique indépendante (ou travail individuel en autonomie) par l'enfant ; et 6) l'utilisation du concept dans des tâches de transfert de résolution de problèmes.

Si nous analysons les données des études incluses dans cette revue, nous pouvons extraire les ingrédients actifs des interventions probantes par le biais d'un raisonnement hypothético-déductif. Le tableau 4 définit les différentes approches thérapeutiques ainsi que les ingrédients actifs dégagés dans les différentes revues incluses.

Tableau 4

Répertoire définitoire des approches thérapeutiques et ingrédients actifs.

Approches	Description
Intervention directe/explicite	Apprentissage d'une séquence d'actions spécifiques avec un <i>modeling</i> dans le contexte de la tâche donnée ; l'aide de l'adulte est progressivement supprimée, la pratique et la révision sont utilisées pour assurer la maîtrise (Goldman, 1989). Cela inclut la révision, la pratique distribuée, la pratique répétée, le séquençement et le feedback journalier (Zheng et al., 2012).
Intervention assistée par l'adulte	Apprentissage progressif et guidé en incitant les enfants à s'engager dans des processus cognitifs et métacognitifs employés par des experts (<i>modeling</i> , coaching, étayage dégressif, questionnement et information explicite) (Goldman, 1989).
Autoapprentissage	Autoapprentissage guidé par un ensemble d'indices verbaux conçus pour médier les opérations cognitives et métacognitives afin de mémoriser la séquence d'indicages pour un travail en autonomie (Goldman, 1989).

Ingrédients actifs	Description
Organisateur visuel	Consultation du matériel avant l'intervention, mise en évidence des informations prioritaires, informations explicites sur la tâche et/ou les objectifs de l'intervention (Zheng et al., 2012).
Informations explicites	Informations explicites sur la tâche à réaliser et l'explication des stratégies (Zheng et al., 2012).
Apprentissage par <i>Modeling</i>	Apprentissage par l'intermédiaire de l'observation d'autrui soit par expérience directe en procédant par essai-erreur, soit par observation (Colliaux et al., 2021).
Étayage dégressif	L'étayage est l'ensemble des interactions d'assistance de l'adulte permettant à l'enfant d'apprendre à organiser ses conduites afin de résoudre seul un problème qu'il ne savait pas résoudre au départ (Bruner, 1998). Le concept est lié à celui de zone proximale de développement (Vygotsky, 1993). Il est dégressif si l'adulte diminue progressivement la quantité (ou le type) d'étayage.
Feedback	Information concernant l'exactitude des productions du participant et, si celles-ci sont erronées, proposition d'un modèle correctif.
Mise en pratique spécifique	Application d'un programme de réhabilitation contenant des propositions d'activités et des instructions claires, lequel identifie l'habileté cible au regard de l'objectif et de la plainte du patient et non des prérequis connexes ou des composantes annexes de l'objectif visé (Colliaux et al., 2021).
Travail en autonomie	L'élève résout de manière autonome quelques problèmes liés à la compétence visée (Agrawal & Morin, 2016).
Révision	Pratique consistant à revoir les notions déjà vues précédemment et faisant partie de l'approche d'intervention explicite (Agrawal & Morin, 2016).
Coaching/pratique guidée	L'adulte donne des indices et des étayages pour résoudre ensemble les quelques problèmes à l'aide de questions et de réponses (Agrawal & Morin, 2016).
Questionnement	Incitation, par l'adulte, des enfants à poser des questions, à engager un dialogue ou un questionnement (Zheng et al., 2012).
Indiçage	Rappels sur l'utilisation des stratégies, verbalisation par l'adulte des étapes et/ou l'utilisation des « modèles de réflexion à voix haute » (Zheng et al., 2012).
Apprentissage de stratégies	Apprentissage informant explicitement l'enfant des stratégies appropriées ou souhaitables pour une tâche donnée (Goldman, 1989).
Contrôle de la complexité	Contrôle du niveau de difficulté de la tâche et/ou du soutien nécessaire pour favoriser la réussite (Zheng et al., 2012).
Pratiques métacognitives	L'instruction de pratiques métacognitives consiste à développer, chez l'enfant, des stratégies cognitives, des processus de réflexion de ses propres stratégies, une activité mentale dans l'objectif final de faciliter l'auto-régulation et l'adaptativité pour la performance et l'apprentissage. Ces processus peuvent être simples ou complexes selon la tâche (Montague et al., 2011).
Outils numériques	Utilisation de médias, de supports imagés ou faisant intervenir d'autres sens que la vue pour faciliter la présentation et le retour d'information (Colliaux et al., 2021)
Séquençement des tâches	Décomposition des tâches et/ou segmentation d'activités de courte durée dans un ordre précis (Zheng et al., 2012).
Apprentissage par les pairs	Stratégies pédagogiques dans lesquelles des pairs qui ont été formés et supervisés par l'adulte instruisent d'autres élèves (Kunsch et al., 2007).
Représentations (objets et/ou schémas)	Représentations faisant référence à du matériel concret, des diagrammes ou des images qui symbolisent une idée mathématique abstraite (Jitendra et al., 2016).

Le tableau 5 résume l'ensemble des ingrédients actifs ayant pu être recensés pour chaque domaine mathématique étudié afin de fournir des données explicites au clinicien. Il met en évidence la récurrence des effets significatifs d'une intervention directe/explicite à travers tous les domaines mathématiques dans lesquels celle-ci a été étudiée. Les procédures mises en place par l'administrateur sont cruciales (i.e., *modeling*, indiçage, feedback) ainsi que le contrôle de la progression des tâches proposées (i.e., pratique guidée, autonomie, transfert) permettant l'utilisation des stratégies apprises.

Tableau 5*Récapitulatif des ingrédients actifs probants en mathématiques au sein de chaque domaine d'intervention*

	Habilités précoces	Faits arithmétiques	Calcul	Résolution de problèmes	Fractions	Algèbre	Compétences générales
Organisateur visuel ^a	X	X	X	X			X
Informations explicites ^{ab}	X	X	X	X			X
Modeling ^{ab}	X	X	X	X			X
Etayage dégressif ^{ab}	X	X	X	X			X
Feedback ^a	X	X	X	X			X
Mise en pratique ^a	X	X	X	X			X
Travail en autonomie ^{ac}	X	X	X				X
Révision ^a	X	X	X	X			X
Coaching ^b		X	X	X			
Questionnement ^b		X	X	X			
Indiçage ^c		X	X	X			
Apprentissage de stratégies	X	X	X	X			
Contrôle de la complexité				X			X
Pratiques métacognitives				X			
Outils numériques		X					
Séquencement des tâches				X			
Avec les pairs	X	X	X				
Représentations (objets et/ou schémas)		X		X			

Aucune conclusion dégagée à ce jour

Légende : ^a Intervention directe/explicite ; ^b Intervention assistée par l'enseignant ; ^c Autoapprentissage

3. Limites

La présente synthèse de la littérature comporte des limites. La première concerne la méthode de recherche, plus spécifiquement la sélection des études. Plusieurs revues comportaient des études avec une population scolarisée en primaire et une population scolarisée en secondaire. La deuxième limite concerne l'extraction des données : il n'a pas toujours été possible d'extraire les données par domaine mathématique ou encore de dégager les ingrédients actifs des interventions proposées quand les revues n'en donnaient pas le détail. La troisième limite relève du type de données extraites relativement aux résultats des études : en effet, aucune information n'a pu être relevée en ce qui concerne le maintien possible des effets des interventions. Quatrièmement, il est à noter que, dans la présente étude, les effets sont obtenus lors d'interventions en groupe pour la moitié des cas. Cela peut donc représenter une limite importante dans le transfert aux interventions en orthophonie le plus souvent réalisées en modalité individuelle. Enfin, le fait de faire une synthèse de méta-analyses entraîne nécessairement un biais de publication important puisque les revues de littérature ont elles-mêmes déjà sélectionné ou éliminé certaines études en fonction de critères prédéfinis.

4. Implications dans la pratique

Un des objectifs de la présente étude est d'aider les cliniciens à faire un choix éclairé dans l'élaboration d'un plan d'intervention en mathématiques auprès d'enfants présentant un TSAM. Si des grandes lignes directrices peuvent être dégagées, les données ne permettent pas de fournir des informations claires, précises et explicites concernant l'établissement d'un projet thérapeutique complet.

Néanmoins, la synthèse des données actuelles permet de confirmer l'efficacité des interventions directes/explicites en cognition mathématique travaillant les habiletés lésées chez le patient selon sa plainte et le contexte clinique. Cela exclut, par définition, la présence de données probantes concernant l'efficacité d'une approche dite guidée qui s'appuie sur des principes constructivistes tirées des théories de Piaget (voir Butterworth & Laurillard, 2017, pour une distinction de l'approche constructiviste et instructionniste). Pourtant, celles-ci sont encore très présentes en clinique tant au niveau rééducatif (Van Nieuwenhoven et al., 2019) qu'évaluatif (Meljac et al., 2020) en France. Ce résultat est une réplique d'autres études (Bissonnette et al., 2010 ; Lafay & Cattini, 2020) mettant en avant la nécessité de changer les pratiques professionnelles des orthophonistes au regard des données probantes de la littérature dans le champ de la cognition mathématique. À l'heure actuelle, il est bien documenté qu'il est difficile d'implémenter de nouvelles approches basées sur des données probantes au détriment de pratiques utilisées de génération en génération sans données théoriques ou empiriques valides (Hegarty et al., 2018 ; Lof & Watson, 2008 ; McCurtin & Healy, 2017).

Si l'orthophoniste se trouve face à une question clinique pour un patient, nous recommandons l'utilisation des données extraites dans cette revue pour sélectionner les études les plus pertinentes. Le clinicien sélectionnera une des revues systématiques les plus rigoureuses comprenant des données sur le domaine des mathématiques faisant l'objet de la plainte du patient et de son entourage. La consultation de cette revue systématique ou méta-analyse ainsi ciblée pourra permettre de s'orienter vers une étude pertinente sans devoir réaliser une recherche sur des banques de données bibliographiques, étape laborieuse pour les orthophonistes (Durieux et al., 2016). Pour une illustration clinique, nous renvoyons les lecteurs vers l'étude précédente concernant les enfants présentant des troubles intellectuels ou dans le cadre de syndromes génétiques (Lafay & Cattini, 2020).

----- CONCLUSION -----

L'objectif de la présente étude était d'établir une synthèse narrative d'une série de revues de littérature systématiques et de méta-analyses à propos de l'efficacité des interventions en mathématiques chez l'enfant présentant ou à risque de présenter un TSAM. Pour cela, une revue systématique ciblant les revues de littérature et méta-analyses a été menée et a permis d'identifier un total de treize articles, dont huit sont de qualité méthodologique acceptable. Les résultats ont montré que les interventions en mathématiques auprès de ces personnes sont efficaces pour l'apprentissage immédiat et que des principes d'intervention sont identifiables. L'intervention directe/explicite (incluant organisateur visuel, informations explicites, *modeling*, étayage avec effacement progressif, feedback, mise en pratique guidée, travail en autonomie et révision) montre un fort niveau de preuve avec des effets positifs répétés dans les différentes revues pour améliorer les performances en mathématiques. Concernant les ingrédients actifs complémentaires, nous notons la présence récurrente d'effets significatifs dans les revues montrant une méthodologie satisfaisante pour les procédures suivantes : apprentissage de stratégies et indiçage. Cela rejoint les résultats obtenus pour la synthèse narrative à propos de l'efficacité des interventions en mathématiques chez l'enfant susceptible de présenter des difficultés mathématiques en dehors du TSAM (Lafay & Cattini, 2020).

La présente synthèse de la littérature s'inscrit dans l'axe « recherche des données probantes » d'une démarche de pratique basée sur les données probantes. Si celle-ci permet au clinicien de dégager des principes d'intervention qui sont à privilégier dans l'intervention auprès des enfants ayant un TSAM, elle nécessite néanmoins de la part de l'orthophoniste d'avoir des doutes, de se questionner et de consulter des études primaires pour davantage d'informations.

----- FINANCEMENT -----

Cette recherche n'a reçu aucun financement.

----- RÉFÉRENCES -----

*Les articles portant une * devant la référence sont les revues de littérature sélectionnées dans la présente synthèse.*

Agrawal, J., & Morin, L. L. (2016). Evidence-Based Practices: Applications of concrete representational abstract framework across math concepts for students with mathematics disabilities. *Learning Disabilities Research and Practice, 31*(1), 34–44. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12093>

American Psychiatric Association. (2016). *DSM-5 - Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Elsevier Health Sciences France.

Aromataris, E., Fernandez, R., Godfrey, C. M., Holly, C., Khalil, H., & Tungpunkom, P. (2015). Summarizing systematic reviews: Methodological development, conduct and reporting of an umbrella review approach. *International Journal of Evidence-Based Healthcare, 13*(3), 132–140. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000055>

Ashcraft, M. H. (2002). Math Anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196>

* Baker, S., Gersten, R., & Lee, D.-S. (2002). A synthesis of empirical research on teaching mathematics to low-achieving students. *The Elementary School Journal*, 103(1), 51–73. <https://doi.org/10.1086/499715>

Bissonnette, S., Richard, M., Gauthier, C., & Bouchard, C. (2010). *Quelles sont les stratégies d'enseignement efficaces favorisant les apprentissages fondamentaux auprès des élèves en difficulté de niveau élémentaire? Résultats d'une méga-analyse*. <http://www.bdaa.ca/biblio/recherche/rreaa/strategies/strategies.pdf>

Brown, S. A., Upchurch, S. L., & Acton, G. J. (2003). A framework for developing a coding scheme for meta-analysis. *Western Journal of Nursing Research*, 25(2), 205–222. <https://doi.org/10.1177/0193945902250038>

Bruner, J. (1998). *Le développement de l'enfant : savoir faire, savoir dire*. Presses Universitaires de France.

Butterworth, B., Varma, S., & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From brain to education. *Science*, 332(6033), 1049–1053. <https://doi.org/10.1126/science.1201536>

Butterworth, B., & Laurillard, D. (2017). Investigating dyscalculia: A science of learning perspective. Dans J. C. Horvath, J. M. Lodge, & J. Hattie (dir.), *From the laboratory to the classroom: Translating science of learning for teachers*. (pp. 172–190). Routledge/Taylor & Francis Group.

CASP. (2019). *Critical Appraisal Skills Programme : Systematic review checklist*. [online]. https://casp-uk.net/wp-content/uploads/2018/03/CASP-Systematic-Review-Checklist-2018_fillable-form.pdf

* Chodura, S., Kuhn, J. T., & Holling, H. (2015). Interventions for children with mathematical difficulties: A meta-analysis. *Zeitschrift Fur Psychologie / Journal of Psychology*, 223(2), 129–144. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000211>

Coliaux, M., Cattini, J., & Duboisindien, G. (2021). Efficacité des thérapies basées sur les théories lexico-sémantiques pour les patients présentant une Maladie d'Alzheimer de stade léger à modéré : une revue de la littérature. *Revue de Neuropsychologie*, 13(3), 181-204. <https://doi.org/10.1684/nrp.2021.0680>

Cook, B. G., Buysse, V., Klingner, J., Landrum, T. J., McWilliam, R. A., Tankersley, M., & Test, D. W. (2015). CEC's standards for classifying the evidence base of practices in special education. *Remedial and Special Education*, 36(4), 220–234. <https://doi.org/10.1177/0741932514557271>

* Cozad, L. E., & Riccomini, P. J. (2016). Effects of digital-based math fluency interventions on learners with math difficulties: A review of the literature. *Journal of Special Education Apprenticeship*, 5(2), 1–19.

- * Dennis, M. S., Sharp, E., Chovanes, J., Thomas, A., Burns, R. M., Custer, B., & Park, J. (2016). A meta-analysis of empirical research on teaching students with mathematics learning difficulties. *Learning Disabilities Research & Practice*, 31(3), 156–168. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12107>
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., Pagani, L. S., Feinstein, L., Engel, M., Brooks-Gunn, J., Sexton, H., Duckworth, K., & Japel, C. (2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43(6), 1428–1446. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.43.6.1428>
- Durieux, N., Pasleau, F., Piazza, A., Donneau, A.-F., Vandemput, S., & Maillart, C. (2016). Information behaviour of French-speaking speech-language therapists in Belgium: results of a questionnaire survey. *Health Information & Libraries Journal*, 33(1), 61–76. <https://doi.org/10.1111/hir.12118>
- Garrett, Z., & Thomas, J. (2006). Systematic reviews and their application to research in speech and language therapy: A response to T. R. Pring's 'Ask a silly question: two decades of troublesome trials' (2004). *International Journal of Language & Communication Disorders*, 41(1), 95–105. <https://doi.org/10.1080/13682820500071542>
- Gersten, R., Fuchs, L. S., Compton, D., Greenwood, C., & Innocenti, M. S. (2005). Quality indicators for group experimental and quasi-experimental research in special education. *Exceptional Children*, 71(2), 149–164. <https://doi.org/10.1177/001440290507100202>
- Goldman, S. R. (1989). Strategy instruction in mathematics. *Learning Disability Quarterly*, 12(1), 43–55. <https://doi.org/10.2307/1510251>
- Hargrove, P., Griffer, M., & Lund, B. (2008). Procedures for using clinical practice guidelines. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 39(3), 289–302. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2008/028\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2008/028))
- Hegarty, N., Titterton, J., McLeod, S., & Taggart, L. (2018). Intervention for children with phonological impairment: Knowledge, practices and intervention intensity in the UK. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 53(5), 995–1006. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12416>
- Hoffmann, T. C., Glasziou, P. P., Boutron, I., Milne, R., Perera, R., Moher, D., Altman, D. G., Barbour, V., Macdonald, H., Johnston, M., Lamb, S. E., Dixon-Woods, M., McCulloch, P., Wyatt, J. C., Chan, A.-W., & Michie, S. (2014). Better reporting of interventions: template for intervention description and replication (TIDieR) checklist and guide. *BMJ*, 348, g1687. <https://doi.org/10.1136/bmj.g1687>
- Institut national de la santé et de la recherche médicale. (2007). *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie : Bilan des données scientifiques. Synthèse et recommandations*. <https://www.ipubli.inserm.fr/handle/10608/73>
- Iuculano, T. (2016). Neurocognitive accounts of developmental dyscalculia and its remediation. Dans M. Cappelletti & W. Fias (dir.), *The mathematical brain across the lifespan*, 227, (305–333). <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2016.04.024>

* Jitendra, A. K., Nelson, G., Pulles, S. M., Kiss, A. J., & Houseworth, J. (2016). Is mathematical representation of problems an evidence-based strategy for students with mathematics difficulties? *Exceptional Children*, 83(1), 8–25. <https://doi.org/10.1177/0014402915625062>

Johnson, C. J. (2006). Getting started in evidence-based practice for childhood speech-language disorders. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 15(1), 20-35. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2006/004\)](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2006/004))

* Kiru, E. W., Doabler, C. T., Sorrells, A. M., & Cooc, N. A. (2018). A synthesis of technology-mediated mathematics interventions for students with or at risk for mathematics learning disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 33(2), 111–123. <https://doi.org/10.1177/0162643417745835>

* Kroesbergen, E. H., & Van Luit, J. E. H. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs: A meta analysis. *Remedial and Special Education*, 24(2), 97–114. <https://doi.org/10.1177/07419325030240020501>

* Kunsch, C. A., Jitendra, A. K., & Sood, S. (2007). The effects of peer-mediated instruction in mathematics for students with learning problems: A research synthesis. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2007.00226.x>

Lafay, A., & Cattini, J. (2020). L'efficacité des interventions en mathématiques chez les enfants ayant des troubles intellectuels ou dans le cadre de syndromes génétiques : synthèse narrative d'une série de revues systématiques de la littérature. *Glossa*, 127, 1–31.

* Lämsä, J., Hämäläinen, R., Aro, M., Koskimaa, R., & Äyrämö, S.-M. (2018). Games for enhancing basic reading and maths skills: A systematic review of educational game design in supporting learning by people with learning disabilities. *British Journal of Educational Technology*, 49(4), 596–607. <https://doi.org/10.1111/bjet.12639>

* Lein, A. E., Jitendra, A. K., & Harwell, M. R. (2020). Effectiveness of mathematical word problem solving interventions for students with learning disabilities and/or mathematics difficulties: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 112(7), 1388–1408. <https://doi.org/10.1037/edu0000453>

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

Lof, G. L., & Watson, M. M. (2008). A nationwide survey of nonspeech oral motor exercise use: implications for evidence-based practice. *Language Speech and Hearing Services in Schools*, 39(3), 392-407. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2008/037\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2008/037))

Matteucci, M. C., Scalone, L., Tomasetto, C., Cavrini, G., & Selleri, P. (2019). Health-related quality of life and psychological wellbeing of children with Specific Learning Disorders and their mothers. *Research in Developmental Disabilities*, 87, 43–53. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2019.02.003>

McCurtin, A., & Healy, C. (2017). Why do clinicians choose the therapies and techniques they

do? Exploring clinical decision-making via treatment selections in dysphagia practice. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 19(1), 69–76. <https://doi.org/10.3109/17549507.2016.1159333>

Meljac, C., Eynard, L.-A., Bernardeau, C., Terriot, K., & Wierzbicki, C. (2020). *UDN-3 : évaluation dynamique de la pensée logique de 4 à 15 ans*. Hogrefe.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The Prisma Group (2009). *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses : The PRISMA statement*. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

* Monei, T., & Pedro, A. (2017). A systematic review of interventions for children presenting with dyscalculia in primary schools. *Educational Psychology in Practice*, 33(3), 277–293. <https://doi.org/10.1080/02667363.2017.1289076>

Montague, M., Enders, C., & Dietz, S. (2011). Effects of cognitive strategy instruction on math problem solving of middle school students with learning disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 34(4), 262–272. <https://doi.org/10.1177/0731948711421762>

Moura, R., Garcia, S., & Lopes-Silva, J. B. (2020). Developmental dyscalculia: Nosological status and cognitive underpinnings. Dans S. Misciagna (dir.), *Learning Disabilities - Neurological Bases, Clinical Features and Strategies of Intervention* (pp. 1–12). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.91003>

Pitcher, N., & Créquit, P. (2019). Extraction des données. *Formation Cochrane France*.

Ritchie, S. J., & Bates, T. C. (2013). Enduring links from childhood mathematics and reading achievement to adult socioeconomic status. *Psychological Science*, 24(7), 1301–1308. <https://doi.org/10.1177/0956797612466268>

Rosenshine, B. V. (2009). The empirical support for direct instruction. Dans S. Tobias & T. M. Duffy (dir.), *Constructivist instruction: Success or failure?* (pp. 201–220). Routledge/Taylor & Francis Group.

Rosenshine, B. V. (1986). Synthesis of research on explicit teaching. *Educational Leadership*, 43(7), 60–69.

Schulz, K. F., Altman, D. G., & Moher, D. (2010). CONSORT 2010 Statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *PLoS Medicine*, 7(3), e1000251. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000251>

Shea, B. J., Reeves, B. C., Wells, G., Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., Moher, D., Tugwell, P., Welch, V., Kristjansson, E., & Henry, D. A. (2017). AMSTAR 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*, 358, j4008. <https://doi.org/10.1136/bmj.j4008>

* Stevens, E. A., Rodgers, M. A., & Powell, S. R. (2018). Mathematics interventions for upper elementary and secondary students: A meta-analysis of research. *Remedial and Special Education*, 39(6), 327–340. <https://doi.org/10.1177/0741932517731887>

Thevenot, C. (2017). La dyscalculie développementale vue comme un déficit d'automatisation des procédures de comptage. *Rééducation Orthophonique*, 54(269), 113–124.

Valentine, J. C., & Cooper, H. (2008). A systematic and transparent approach for assessing the methodological quality of intervention effectiveness research: The Study Design and Implementation Assessment Device (Study DIAD). *Psychological Methods*, 13(2), 130–149. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.13.2.130>

Van Nieuwenhoven, C., De Vriendt, S., & Hanin, V. (2019). *L'enfant en difficulté d'apprentissage en mathématiques: Pistes de diagnostic et supports d'intervention*. deboeckEditeurs.

Vygotsky, L.-S. (1993). Le problème de l'enseignement et du développement mental à l'âge scolaire. Dans B. Schneuwly & J.-P. Bronckart (dir.), *Vygotsky aujourd'hui* (pp. 95–117). Delachaux & Niestlé.

* Zheng, X., Flynn, L. J., & Swanson, H. L. (2012). Experimental intervention studies on word problem solving and math disabilities. *Learning Disability Quarterly*, 36(2), 97–111. <https://doi.org/10.1177/0731948712444277>