

Des outils numériques pour favoriser l'apprentissage du code alphabétique chez les enfants d'âge préscolaire : revue de littérature systématique de leurs effets.

Jean ECALLE*, Maud CHÉREL**, Annie MAGNAN***

* Professeur Émérite, Laboratoire EMC – MSH LSE (USR CNRS 2005),
Université Lyon2, France

** Orthophoniste

*** Professeur Émérite, Laboratoire EMC – MSH LSE (USR CNRS 2005),
Université Lyon2, France

Auteur de correspondance :

ecalle.jean@wanadoo.fr

ISSN 2117-7155

Résumé :

Cette revue de littérature systématique examine les effets des entraînements stimulant le code alphabétique par le biais d'outils numériques (ordinateurs ou tablettes tactiles) chez les enfants d'âge préscolaire. Treize études quasi-expérimentales ou expérimentales, menées dans différents pays et évaluant ce type d'entraînements ont été sélectionnées puis analysées. La grande majorité d'entre elles concerne les enfants jugés à risque de développer des difficultés d'acquisition de la lecture, dues à un trouble du langage ou de parole, ou dues au milieu socio-économique et/ou ethnique. De manière générale, ces entraînements montrent un effet positif sur les compétences précoces en littéracie même si des nuances inter-études ou inter-individuelles sont toutefois à prendre en compte. Cette présente revue fait alors état des intérêts et limites de ces études. Des perspectives cliniques et de recherche y sont exposées.

Mots clés : revue de littérature, littéracie émergente, difficultés d'apprentissage, enfants d'âge préscolaire, outils numériques, entraînement

Digital tools to promote alphabetical code learning in preschool children: systematic literature review of their potential effects**Abstract:**

This systematic literature review focuses on the effects of training stimulating alphabetic coding using digital tools (computers or touch tablets) in preschool children. Thirteen quasi-experimental or experimental studies conducted in different countries and evaluating this type of training were selected and then analyzed. The vast majority of them concerned children judged to be at risk of developing reading acquisition difficulties, due to a language or speech disorder, or due to socio-economic and/or ethnic background. In general, these trainings show a positive effect on early literacy skills, although inter-study or inter-individual nuances need to be taken into account. The present review then outlines the interests and limitations of these studies. Clinical and research perspectives are then presented.

Keywords: literature review, emergent literacy, learning disabilities, preschoolers, digital tools, training

-----INTRODUCTION-----

L'apprentissage de la lecture débute avant l'instruction formelle et requiert des compétences précoces dont les principales, dénommées prédicteurs de réussite, sont les habiletés phonologiques et la connaissance du nom et du son des lettres (pour une synthèse voir Ecalle & Magnan, 2021). Dans un cadre préventif auprès de populations à risque de difficultés d'apprentissage, des interventions ciblées sur ces domaines dans le champ éducatif ou rééducatif pourraient être précocement mises en œuvre. Parmi les supports de ces interventions, les outils numériques constituent une piste à examiner de près compte tenu de leurs potentialités (attractivité, présentation en double modalité, auditive et visuelle, et interactivité). Que dit la recherche de l'effet de ces outils sur les compétences précoces et leur impact sur l'apprentissage de la lecture ?

Certains logiciels visant à entraîner les compétences alphabétiques, les habiletés phonologiques et les relations grapho-phonémiques se sont avérés des outils efficaces pour améliorer les performances en lecture (Cheung & Slavin, 2012 ; Torgesen, 2001) même si la littérature fait parfois état de résultats contradictoires (Slavin et al., 2011). Toutefois, si la majorité des outils d'aide à la lecture sont destinés aux enfants scolarisés au tout début de l'école primaire, on trouve comparativement moins d'outils dédiés aux enfants d'âge préscolaire. Pourtant des travaux prometteurs montrent l'efficacité d'un entraînement grapho-phonémique auprès d'enfants non-lecteurs scolarisés en école maternelle (*kindergarten*) aussi bien sur des performances en lecture et compétences associées qu'au niveau des modifications des aires cérébrales associées à la lecture. Par exemple, dans l'étude de Brem et al. (2010) l'imagerie cérébrale révèle l'émergence rapide d'activations neuronales dans l'hémisphère gauche des aires associées à la lecture dans le gyrus fusiforme chez des enfants d'école maternelle entraînés pendant 8 semaines (3.6 heures d'entraînement) avec un logiciel (GraphoGame) ciblant les correspondances graphèmes-phonèmes.

L'objectif est ici de présenter un ensemble de travaux conduits auprès d'enfants d'âge préscolaire dans le cadre d'une revue systématique de littérature pour répondre à la question : quels sont les effets d'entraînements réalisés avec des outils numériques ? Après avoir présenté notre démarche d'investigation pour recenser les travaux et une synthèse des principaux résultats, les limites de ce travail et les perspectives cliniques et de recherche seront évoquées.

-----MÉTHODOLOGIE-----

1. Recensement des travaux

Cette revue systématique de littérature a pour objet de recenser et de présenter les études publiées dans des revues internationales ayant examiné l'effet des entraînements informatisés visant à la compréhension du principe alphabétique chez les enfants scolarisés en maternelle. L'objectif général vise à déterminer les effets de ces entraînements sur les apprentissages liés au code en comparant plusieurs interventions. Les objectifs plus spécifiques sont d'une part, de déterminer pour quel type de population les outils numériques pourraient être pertinents et efficaces et d'autre part, d'identifier les intérêts et les limites de chaque étude. Cette revue systématique de littérature a été réalisée à partir des principes du PRISMA statement (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) relatif aux revues systématiques dans le domaine de la santé (Liberati et al., 2009 ; Moher et al., 2009, 2015).

Des critères d'inclusion ont permis de sélectionner les articles selon le type d'étude, la population visée et le type d'entraînement(s) proposé(s). Sur le premier point, les critères étaient les suivants : (a) études expérimentales ou quasi-expérimentales, (b) méthodologie scientifique précise selon la procédure résumé-méthode-résultats-discussion, (c) article publié en français ou en anglais, (d) publication entre 2000 et 2019. La population étudiée portait sur des enfants d'âge préscolaire sans les troubles neurodéveloppementaux suivants, selon les critères du DSM-V (American Psychiatric Association, 2015) : troubles du développement intellectuel, troubles du spectre de l'autisme, troubles moteurs. Les enfants atteints de troubles de la communication et/ou de déficits de l'attention avec hyperactivité, n'ont pas été exclus car il s'agit d'une population d'enfants à risque de développer des difficultés d'apprentissage du langage écrit. Enfin, tous les articles sélectionnés portaient sur des entraînements informatisés (ordinateurs ou tablettes).

Dans un premier temps la recherche des articles a été réalisée sur Google Scholar afin d'examiner la littérature sur le sujet et la pertinence des mots clés sélectionnés. Les mots clés retenus étaient les suivants : "*literacy skills OR emergent literacy AND computer OR tablet OR software OR app AND preschool OR kindergarten children AND training OR intervention OR learning*". Dans un deuxième temps les investigations ont été réalisées à partir de bases de données scientifiques (PubMed, ScienceDirect, ERIC (Education Resources Information Center) et orthophoniques (Glossa). Plusieurs étapes de sélection des articles (mise à l'écart des

doublons avec Zotero ; lecture des résumés ; repérage et sélection des références pertinentes citées dans les articles) ont permis finalement de retenir 13 articles sur 428 (voir annexe A) centrés sur notre problématique.

2. Évaluation méthodologique des études

Leur qualité méthodologique a été examinée à partir des indicateurs de qualité pour les études expérimentales et quasi-expérimentales dans le domaine de l'éducation spécialisée décrits par Gersten et al., (2005). La robustesse et la fiabilité du plan expérimental ont été examinées à partir des propositions de Ebbels (2017) dans le domaine de la pratique orthophonique.

Les études ont été évaluées à partir de dix indicateurs essentiels de qualité et huit indicateurs souhaitables de qualité (Gersten et al., 2005). Les indicateurs essentiels sont répartis entre les 4 domaines suivants : (1) la description des participants ; (2) la description de l'intervention et de la comparaison des résultats ; (3) la mesure des résultats et (4) l'analyse des données. Leur système de notation est le suivant : 1 point est accordé lorsque le critère est absent, 2 points lorsque le critère n'est présent que partiellement et 3 points lorsque le critère l'est totalement. Une note globale est ensuite obtenue. Quant aux indicateurs souhaitables, leur évaluation est réalisée grâce à une cotation binaire oui/non (pour plus de détails, voir annexe B). L'application de ces critères permet le calcul d'une norme pour déterminer si une intervention peut être considérée comme fondée sur des preuves.

La grille d'analyse d'Ebbels (2017) permet de qualifier la robustesse des études selon le niveau de contrôle expérimental. Dix modèles d'interventions, du moins contrôlé au plus contrôlé sont relevés : (1) anecdotes et expérience clinique, (2) modification du score brut, (3) changement de notes standardisées, (4) étude de cas avec ligne de base simple, (5) étude de cas avec des items ou périodes de contrôle, (6) études de cas avec une ligne de base simple et des items ou périodes de contrôle, (7) étude de cas avec lignes de base multiple, (8) étude de groupes avec comparaison de participants non randomisée, (9) combinaison d'une comparaison des participants et de lignes de base multiples, (10) étude de groupe avec essai randomisé et contrôlé. Parmi ces types d'études, quatre y sont décrites et classées en fonction du niveau (élevé vs. faible) du contrôle expérimental et de la taille d'échantillon (petite vs. grande). Les études avec un fort contrôle expérimental doublé d'une taille d'échantillon élevée sont les plus robustes. Les résultats issus des stratégies de recherches systématiques ainsi que de l'analyse qualitative des études seront ici développés.

-----CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES RETENUES-----

L'examen des bases de données a permis d'identifier 428 études. L'examen du titre, des résumés et de l'analyse des mots clés a conduit à exclure 401 articles. Les motifs d'exclusion étaient les suivants : articles non ciblés par la thématique (entraînement mathématiques ou aide à la communication), entraînement non informatisé, utilisation de livres électroniques ou de clips vidéos, enfants scolarisés en école primaire, ressource non disponible.

Treize études expérimentales ou quasi-expérimentales ont finalement été incluses dans la présente étude. Huit de ces études résultent de la recherche systématique sur les bases de données et quatre du dépouillement des bibliographies. Un diagramme de flux présentant le processus de sélection des articles est disponible en annexe A.

1. Qualité des études

L'analyse de la robustesse des études a révélé un niveau de contrôle expérimental élevé pour neuf études utilisant la technique de l'essai contrôlé randomisé (*randomized controlled trial*). Ce dispositif consiste à sélectionner de façon aléatoire, à partir d'un échantillon, le groupe expérimental qui bénéficiera d'une intervention et le groupe contrôle qui servira de point de comparaison afin d'évaluer l'effet de l'intervention. Signalons que le nombre de participants était souvent faible, une seule étude porte sur un échantillon supérieur à 100 (Plak et al., 2015). On peut penser que les études les mieux contrôlées ont moins de participant(e)s justement à cause du contrôle expérimental.

Sur les 13 études sélectionnées, sept ont atteint un score de qualité supérieur à 11/13 (Comaskey et al., 2009 ; McLeod et al., 2017 ; McManis & McManis, 2016 ; Neumann, 2018 ; Segers & Verhoeven, 2004, 2005 ; Van der Kooy-Hofland et al., 2012), cinq obtiennent un score compris entre 10 et 11 (Hecht & Close, 2002 ; Mioduser et al., 2001 ; O'Callaghan et al., 2016 ; Plak et al., 2015 ; Schmitt et al., 2018) et seulement l'une d'entre elles a atteint un score inférieur à 10 (Brown & Harmon, 2013) (voir annexe B). Certains indicateurs essentiels de qualité n'ont pas été à la hauteur des attentes (faible niveau) ce qui s'est notamment traduit par l'absence de mesures de généralisation (sept études), une description des caractéristiques des participants ou des évaluateurs insuffisante (huit études) ou une quantité limitée d'informations concernant la nature des tâches des groupes contrôles (neuf études). Deux des études ont pu être considérées

d'une haute qualité méthodologique selon la grille d'analyse qualitative utilisée pour cette revue systématique de littérature (Gersten et al., 2005). Le détail de l'évaluation qualitative des études de la présente revue est référencé en annexe B.

2. Caractéristiques des études

Par choix, le plan expérimental des études sélectionnées est homogène avec les 13 études expérimentales ou quasi-expérimentales. La totalité de ces publications a été publiée en anglais. Aucune référence francophone n'a été obtenue sur la base des critères fixés. La recherche de données ciblait des articles internationaux, les pays d'origine des études concernaient l'Australie (2 études) le Canada (1 étude), l'Irlande du Nord (1 étude), Israël (1 étude), les Pays-Bas (4 études) et les USA (4 études). Huit études ont été conduites avec des enfants anglophones, quatre avec des enfants néerlandophones et une avec des enfants hébreophones.

Sur la période recherchée (2000-2019), cinq études sélectionnées ont été publiées entre 2000 et 2010 (38,5%) et huit entre 2010 et 2018 (61,5%) dont cinq articles sur les trois dernières années (38,5%), ce qui révèle une attention croissante portée sur ce sujet.

3. Caractéristiques des participants

1185 sujets ont participé aux 13 études sélectionnées ($m = 91$; $é-t = 59$). En moyenne, on a comptabilisé 51 participants ($é-t = 32$) dans les groupes expérimentaux et 45 ($é-t = 31$) dans les groupes contrôles. La recherche a ciblé les enfants d'âge préscolaire (2 ans 6 mois jusqu'à 6 ans). Pour deux de ces études, l'âge des enfants participant à l'intervention n'est pas mentionné, nous savons seulement qu'ils sont scolarisés dans des classes équivalentes à l'école maternelle (*kindergarten*). La répartition par l'âge dans les onze études restantes s'est échelonnée de 2;6 jusqu'à 6 ans avec un âge moyen de 5 ans 2 mois.

Dans un article, les enfants ont été identifiés comme ayant un développement typique. Dans les autres articles, les enfants ont été identifiés comme étant à risque de développer des difficultés d'acquisition de lecture pour les raisons suivantes : (1) ils étaient issus d'un milieu socioéconomique moyen ou faible (quatre articles) ; (2) ils se situaient dans le quartile inférieur aux épreuves liées au code dans le cadre des évaluations nationales annuelles (cinq articles) ; (3) ils étaient porteurs d'un gène particulier (gène encodant le récepteur de dopamine D4-DRD4) pouvant être explicatif de certains troubles des apprentissages et surtout de certains

déficits de l'attention/hyperactivité (un article) ; (4) la langue de scolarisation différait de la langue parlée à la maison (1 article) ; (5) ils étaient diagnostiqués comme ayant un trouble spécifique du langage oral (TSLO) (1 article) ou (6) un trouble spécifique de la parole de type phonologique (1 article).

Les modalités de scolarisation pour la période préscolaire diffèrent selon les pays. La population étudiée était, soit scolarisée en école maternelle (grande section de maternelle en France ou *kindergarten* selon la nomenclature anglo-saxonne) pour les enfants de 5 à 6 ans, soit, pour les enfants de 2 à 4 ans, intégrée en pré-maternelle (Petite ou Moyenne section de Maternelle pour la nomenclature française, *childcare centers* ou *preschools* pour la nomenclature anglo-saxonne). Dans l'étude néerlandaise de Segers et Verhoeven (2004), la population étudiée était scolarisée dans des écoles spécialisées pour les élèves atteints d'un TSLO moyen à sévère.

4. Caractéristiques des interventions

Les interventions ont été réalisées par le biais de tablettes tactiles pour trois articles, via ordinateurs avec écran tactile pour une étude et à l'aide d'ordinateurs pour les neuf interventions restantes. Elles ont été effectuées soit via l'accès à un site internet, soit en utilisant un logiciel installé par CD-Rom pour les interventions basées sur ordinateur ou une application pour les entraînements sur tablette. Trois études portent sur plusieurs logiciels ou applications pour la même intervention.

Ces dispositifs informatisés visaient l'entraînement de la maîtrise du code alphabétique et portaient sur une ou plusieurs compétence(s) précoce(s) liée(s) à l'apprentissage de la lecture. Ceux-ci pouvaient cibler : (1) les habiletés phonologiques (rimes, syllabes, phonèmes), (2) la connaissance des lettres et de leur valeur phonémique (correspondance grapho-phonémique), (3) la conscience lexicale (identification et isolement d'un mot dans une phrase), (4) la reconnaissance de mots écrits et/ou (5) les connaissances liées à la manipulation des livres. Dans le but d'entraîner l'apprentissage des correspondances grapho-phonémiques deux études ont utilisé un logiciel centré sur l'écriture du prénom tandis que d'autres ont plutôt utilisé des logiciels ciblés sur la correspondance lettre-son (cinq études). Les lettres étaient majoritairement proposées en minuscules plutôt qu'en majuscules. L'entraînement des habiletés phonologiques portait principalement sur des exercices de segmentation phonémique (six études), de fusion phonémique (cinq études) et/ou de repérage des rimes (trois études) (voir annexe B pour une description résumée des études).

Les outils numériques sont présentés de manière plus ou moins ludique pour garder l'attention de l'enfant. Certains systèmes mettent en scène des personnages ou mettent en place des défis récompensés lorsqu'un niveau est atteint. Ces systèmes ont permis la mise en place de niveaux progressifs et parfois individualisés pour chaque enfant (la présence d'un *feedback* auditif afin d'interagir avec les actions de l'enfant et/ou pour l'encourager est alors mentionné). En outre, pour 11 interventions, la réponse de l'enfant au cours de l'entraînement est immédiatement analysée et un *feedback* correctif auditif et/ou visuel est proposé.

La durée d'entraînement peut varier selon les études de cinq semaines (une étude) à une année académique représentant 35 semaines effectives (deux études), avec des durées intermédiaires de huit à dix semaines (six études), de 13 à 15 semaines (deux études) ou de 24 semaines (une étude). La fréquence d'intervention était aussi variable d'une étude à l'autre. En général, plus la durée de l'entraînement était longue moins ce dernier était fréquent (une session de 15 à 30 minutes hebdomadaire) alors que les périodes d'entraînement plus courtes étaient davantage intensives (deux à quatre sessions de 15 à 30 minutes hebdomadaires). Enfin, dans une étude il n'était mentionné ni la durée ni la fréquence de l'intervention.

Un seul entraînement s'est effectué à la maison avec l'aide du parent (Schmitt et al., 2018). Tous les autres entraînements se sont déroulés dans le lieu de scolarisation ou de garde collective (*childcare centers*) de l'enfant. Lorsque la période d'entraînement était longue, celui-ci se déroulait au sein du groupe classe sous la supervision de l'enseignant (trois études). Lorsque la durée de l'entraînement était plus courte, l'enfant se trouvait seul ou en petit groupe avec un enseignant, un éducateur ou un expérimentateur.

Les modalités d'organisation du groupe contrôle étaient variables selon les études. Certains groupes contrôles ont simplement continué à bénéficier d'un enseignement classique sans intervention particulière (Hecht & Close, 2002 ; McLeod et al., 2017 ; McManis & McManis, 2016 ; Mioduser et al., 2001 ; Neumann, 2018 ; Plak et al., 2015), parfois avec de courtes activités phonologiques supplémentaires (O'Callaghan et al., 2016). D'autres études ont proposé aux enfants du groupe contrôle des activités sur tablettes ou ordinateurs avec des exercices portant sur des connaissances autres que la lecture et/ou l'écoute d'histoires animées (Brown & Harmon, 2013 ; Schmitt et al., 2018 ; Segers & Verhoeven, 2004, 2005 ; Van der Kooy-Hofland et al., 2012). Une des études n'a pas intégré de groupe contrôle dans son expérimentation car son objectif a été de tester l'efficacité de deux types d'entraînements phonologiques, un entraînement portant sur la reconnaissance de mot versus un entraînement

portant sur les correspondances grapho-phonémiques via une même plateforme de jeu sur ordinateur (Comaskey et al., 2009). Chaque étude a porté sur un mode d'entraînement différent pour viser la compréhension du code alphabétique et plus généralement améliorer les habiletés en littéracie émergente. Enfin, certaines études comportent des sous-échantillons (Plak et al., 2015 ; Segers & Verhoeven, 2005) ou deux types de groupes expérimentaux (Mioduser et al., 2001 ; Van der Kooy-Hofland et al., 2012).

5. Analyse des résultats des études

Dans 11 des 13 études sélectionnées, l'effet de l'entraînement sur les apprentissages a été mesuré par le calcul de la différence entre les scores obtenus au pré-test et les scores obtenus au post-test. Les auteurs ont ainsi pu comparer l'évolution des scores observés dans les groupes contrôles et expérimentaux, puis évaluer l'efficacité de l'utilisation des programmes informatisés testés.

Pour toutes ces études, les mesures des effets de l'intervention ont été calculées à partir des résultats à des épreuves testant le niveau d'habiletés phonologiques (rime et/ou phonème) (neuf études), la connaissance des lettres (neuf études), l'écriture du prénom (trois études), la reconnaissance de mots écrits (quatre études), l'écriture de mots simples (une étude), la conscience lexicale (une étude) et/ou le "savoir des livres" (manipulation, sens de lecture)³. Certains auteurs comme Brown et Harmon (2013), Comaskey et al. (2009), McManis et McManis (2016), Hecht et Close (2002), McLeod et al. (2017), O'Callaghan et al. (2016) ou Schmitt et al. (2018) ont utilisé des tests standardisés. Au cours de leurs diverses expérimentations, d'autres auteurs ont établi leurs propres batteries d'épreuves qu'ils ont parfois associées à des épreuves issues de tests standardisés (Mioduser et al., 2001 ; Neumann, 2018 ; Segers & Verhoeven, 2004, 2005 ; Van der Kooy-Hofland et al., 2012).

3 Certains auteurs ont aussi évalué des compétences hors thème dans le cadre de cette revue et dont nous ne développerons pas les résultats par la suite comme le niveau de lexique, la production de la parole (une étude) et/ou des épreuves de numération pour les deux études qui ont entraîné ces habiletés.

Trois études ont étudié l'effet du temps passé sur les outils d'entraînement sur l'amélioration des performances. Cette mesure a été réalisée grâce à un enregistrement automatique par les logiciels ou applications des actions des enfants.

La passation des épreuves d'évaluation a été effectuée par les expérimentateurs ou par un psychologue (Segers & Verhoeven, 2005) ou par deux orthophonistes (McLeod et al., 2017).

-----RÉSULTATS-----

Globalement, les interventions assistées par ordinateur ou par tablette de cette revue systématique de littérature ont permis de mettre en évidence une amélioration significative des performances des groupes expérimentaux par rapport à celles des groupes contrôles. Seules les études de Brown et Harmon (2013) ciblant uniquement la maîtrise du principe alphabétique et de McLeod et al. (2017) ciblant les habiletés phonologiques ainsi que la maîtrise du principe alphabétique n'ont relevé aucune différence significative entre les scores entre les pré- et post-tests. L'examen détaillé des résultats sur l'ensemble des épreuves d'évaluations révèle des différences de performances selon les épreuves et selon les outils. Hecht et Close (2002) ont montré un effet significatif de l'entraînement seulement sur la segmentation et la fusion phonémique mais pas sur la correspondance grapho-phonémique pourtant entraînée. Dans l'étude de Neumann (2018), l'effet n'a concerné que la maîtrise des correspondances grapho-phonémiques et l'écriture du prénom alors que l'entraînement ciblait aussi une amélioration significative de l'écriture des lettres. Sur toutes les habiletés phonologiques évaluées et entraînées, O'Callaghan et al. (2016) n'ont pas relevé de résultats significatifs en segmentation phonémique. Schmitt et al. (2018) et Segers et Verhoeven (2005) mettent en évidence un effet significatif de l'intervention aux épreuves visant la compréhension du principe alphabétique. Plak et al. (2015) montrent que, conformément à leurs prédictions, les enfants présentant des difficultés d'apprentissage et porteurs du gène DRD4 ont significativement amélioré leurs performances par rapport au groupe contrôle. En utilisant le même logiciel ⁴ que Plak et al. (2015) ciblant la maîtrise du principe alphabétique à partir de l'écriture du prénom, Van der Kooy-Hofland et al. (2012) mettent en évidence un effet significatif de l'entraînement sur toutes les compétences évaluées (principe alphabétique, habiletés phonologiques, écriture de mots simples, reconnaissance de mots écrits).

Les tailles d'effet varient de faibles à modérées (0.11 à 0.63) pour onze études. En revanche, dans les études de Hecht et Close (2002) et Segers et Verhoeven (2004) la taille d'effet est plus importante (0.80).

4 Les deux études proposent aux enfants un logiciel d'aide à l'apprentissage du code alphabétique Living Letters (Kegel et al., 2011 ; Kegel & Bus, 2012)

L'intervention menée par Comaskey et al. (2009) mesurant l'effet de deux approches différentes via la plateforme web *ABRACADABRA (A Balanced Reading Approach for Canadian Designed to Achieve Best Results for All)* a suggéré que les programmes synthétique et analytique avaient des effets qualitativement différents sur le développement phonologique de l'enfant. Les enfants ayant suivi l'approche synthétique ont mieux réussi dans les épreuves de fusion phonémique, mais, de façon inattendue pas dans les tâches de segmentation phonémique, alors que ceux qui ont bénéficié de l'approche analytique ont obtenu une meilleure progression dans le repérage des rimes.

La puissance de l'étayage parental lors d'une intervention a été évaluée par Schmitt et al. (2018) mais l'hypothèse selon laquelle l'implication et l'étayage des parents favoriseraient et amplifieraient l'amélioration des compétences de l'enfant n'a pas été vérifiée. Les questionnaires régulièrement donnés aux parents au cours de l'entraînement ont révélé un manque de temps de la part des parents, une intervention trop rapide ou des exercices pas assez adaptés au niveau de leurs enfants.

Trois études ont effectué une évaluation de l'entraînement à moyen terme, deux à 18 mois après l'apprentissage explicite de la lecture. Deux études (Segers & Verhoeven, 2005 ; Van der Kooy-Hofland et al., 2012) ont relevé, de façon significative, de meilleures performances dans les tâches de décodage, ainsi que dans les tâches de dictée de phonèmes chez les groupes expérimentaux comparés à leurs pairs contrôles. Une taille des effets faible à modérée a été observée pour ces épreuves (.13 à .53). Enfin, l'étude de McLeod et al. (2017) n'a relevé aucun résultat significatif. En effet, dans cette étude le changement moyen significatif entre le pré- et les post-interventions pour le groupe expérimental était comparable à celui du groupe témoin avec une faible taille d'effet entre les groupes (d de Cohen = .08) pour toutes les mesures et aux deux tests. L'intervention assistée par ordinateur et administrée par des éducateurs n'a pas entraîné une amélioration supérieure à celles des pratiques habituelles en classe.

Enfin, un effet du temps d'entraînement a été mis en évidence. Trois études rapportent des corrélations positives entre le temps passé sur le logiciel d'entraînement et les performances ; autrement dit, plus l'enfant a passé du temps sur les logiciels d'apprentissage, plus ses scores se sont améliorés (McManis & McManis, 2016 ; Schmitt et al., 2018 ; Segers & Verhoeven, 2005).

-----DISCUSSION-----

L'apprentissage de la lecture débute avant l'instruction formelle engagée à l'école primaire via des compétences précoces (habiletés phonologiques, connaissances des lettres, notamment) qui, acquises dès la période préscolaire, contribuent à un apprentissage plus aisé en école primaire. Le développement exponentiel des logiciels informatiques à destination de jeunes enfants et promettant une préparation à l'apprentissage de la lecture mérite d'être investigué sur leur efficacité réelle. Comme le soulignent Papadakis et al. (2018) le marché des applications éducatives reste "*chaotique et non réglementé*" (p. 156). Bien que les outils numériques soient de plus en plus présentés aux enseignants et aux parents comme une stratégie prometteuse et peu coûteuse pour améliorer les apprentissages scolaires, ils ne sont pas tous élaborés sur la base d'arguments scientifiques, ni évalués rigoureusement par des chercheurs indépendants (voir la synthèse de Kim et al., 2021).

De l'enfant au développement typique, avec ou sans difficultés d'apprentissage apparentes, à l'enfant atteint de troubles du langage, l'objectif ici était : (1) de déterminer quel était l'effet réel des outils informatisés en stimulant ces prédicteurs de réussite en lecture telles les habiletés phonologiques, la connaissance des lettres et la compréhension du principe alphabétique, (2) de déterminer pour quel type de population ces outils numériques pouvaient être pertinents et efficaces et, (3) d'identifier les intérêts et les limites de chaque étude. Pour cela, nous avons sélectionné 13 études expérimentales ou quasi-expérimentales à partir de trois bases de données principales (PubMed, ERIC et Science direct).

En discutant les différents résultats, nous allons ici faire la synthèse des principaux constats effectués par les auteurs à propos des entraînements et des outils numériques proposés. Globalement, les effets des entraînements sont positifs. Toutefois, il semble encore prématuré de conclure que les entraînements informatisés en maternelle permettent un meilleur apprentissage du langage écrit d'après seulement 13 études retenues, certes avec des critères scientifiques solides. En outre, comme mentionné précédemment, seules trois études ont effectué une évaluation à moyen terme après les entraînements. Enfin, même si ces études ont montré de meilleures performances de la part des groupes expérimentaux, les tailles de l'effet souvent réduites empêchent la généralisation de ces résultats. Certains enfants seraient-ils peu réceptifs à ce type de dispositif ?

1. Quelles réponses à l'entraînement ?

On a pu observer que les résultats des participants des groupes expérimentaux se sont révélés hétérogènes en fonction du degré de "réponse" (*responsiveness*) à l'entraînement, c'est-à-dire selon leur capacité à améliorer ou non leurs performances grâce au logiciel. En effet, certains enfants se sont montrés peu répondants à l'entraînement proposé, alors que certains de leurs pairs du même niveau initial ont été plus répondants. Dans l'étude de Plak et al. (2015), il a été nécessaire d'étudier les sous-échantillons pour révéler que l'impact était majoré quand l'enfant présentait une susceptibilité génétique (le gène DRD4). L'outil numérique semble avoir permis à ces enfants présentant des difficultés d'engagement dans une tâche, une meilleure canalisation de l'attention et une plus grande concentration sur une tâche précise. Dans l'étude de O'Callaghan et al. (2016), 35% des enfants du groupe expérimental n'ont pas progressé malgré une adaptation du logiciel au niveau de l'enfant. La surcharge de la mémoire de travail a été mentionnée par les auteurs comme possible facteur explicatif. Certains auteurs (Comaskey et al., 2009 ; Hecht & Close, 2002 ; McManis & McManis, 2016 ; Segers & Verhoeven, 2005) suggèrent que ces différences interindividuelles sont liées à un temps d'exposition à l'entraînement plus faible chez les enfants qui n'ont pas significativement amélioré leurs performances. D'autre part, Segers et Verhoeven (2005) ont expliqué la faible taille de l'effet de leur entraînement grapho-phonémique par un dispositif qui sollicitait simultanément plusieurs habiletés.

2. L'étayage de l'entourage

L'efficacité des outils informatisés comme support à la compréhension du principe alphabétique est influencée par l'étayage d'une personne présente dans l'entourage de l'enfant. Celle-ci peut être l'expérimentateur, l'enseignant, l'éducateur, les parents ou comme l'a remarqué Neumann (2018), un camarade de classe. Cette auteure a d'ailleurs détaillé trois niveaux d'étayages (inspirés de Bruner) appliqués à l'entraînement sur tablette et garantissant un accompagnement optimal de l'enfant tout au long de l'expérimentation. Tout d'abord, l'étayage cognitif est défini par l'aide à la résolution d'un problème ou à la compréhension de la procédure. Ensuite, l'étayage affectif c'est-à-dire les encouragements et un renforcement positif envers l'enfant. Enfin, l'étayage technique se traduisant par l'aide à l'utilisation du matériel et à l'accès aux logiciels. Ces étayages exigent la maîtrise théorique et technique des outils numériques proposés par l'adulte encadrant. L'importance de l'étayage cognitif est justifiée par le constat

de Van der Kooy-Hofland et al. (2012) qui ont remarqué que les enfants en échec au cours de l'entraînement ont moins bénéficié de l'étayage d'un adulte. Dans leur conclusion, Brown et Harmon (2013) ont confirmé ce point en précisant qu'une des faiblesses de leur expérimentation était l'attention divisée de l'enseignante qui devait gérer l'intégralité de sa classe en plus du groupe entraîné via les tablettes, ce qui ne permettait pas aux enfants un usage optimal des outils et des applications. Enfin, plusieurs études font état de l'importance de l'étayage de l'adulte pour favoriser la progression de l'enfant (McManis & McManis, 2016 ; O'Callaghan et al., 2016).

L'absence d'effet significatif de l'entraînement proposé par McLeod et al. (2017) a été expliquée d'une part, par des interventions de l'orthophoniste qui supervisait l'entraînement se limitant à donner des conseils aux enseignants à propos du déroulement des expérimentations, et d'autre part, par une faible implication des enseignants dans le protocole d'entraînement. Dans l'étude de Schmitt et al. (2018), l'entraînement était proposé au domicile familial. Six questionnaires parentaux ont été proposés au cours de l'expérimentation. Les résultats mettent en évidence une faible implication des parents. Malgré ce constat, les enfants ont toutefois pu améliorer certaines des compétences ciblées.

3. Intérêts de l'utilisation des outils numériques

Mioduser et al. (2001) ont étudié l'effet d'un système d'aide informatisé à la lecture qui inclut diverses activités telle la manipulation de lettres. L'entraînement avec ce logiciel est comparé à un entraînement papier-crayon où l'enseignant s'appuie sur un manuel scolaire pour l'enseignement de la lecture. Quarante-six enfants d'âge préscolaire (5-6 ans) présentant des difficultés d'apprentissage ont été répartis en trois groupes qui différaient en fonction de l'aide proposée : entraînement informatisé, entraînement papier-crayon et pas d'entraînement spécifique. Trois habiletés étaient évaluées avant et après l'entraînement, la conscience phonologique, la reconnaissance de mots écrits et la dénomination de lettres. Les résultats indiquent que les enfants qui ont bénéficié d'un entraînement informatisé présentent des performances significativement supérieures à celles des enfants qui ont bénéficié d'un programme d'entraînement fondé uniquement sur un support écrit et à celles des enfants du groupe contrôle qui n'ont pas bénéficié d'un programme d'entraînement particulier, et cela dans les trois habiletés évaluées. Les auteurs interprètent ce résultat par les qualités de l'outil qui permet un feedback immédiat sur les actions de l'enfant, des situations d'apprentissage variées

(divers types de tâches) ainsi qu'une adaptation de l'outil au niveau de connaissances de l'enfant.

Dans le même sens, Schmitt et al. (2018) ont noté que la dynamique propre aux jeux interactifs a permis aux enfants d'être plus impliqués, que le *feedback* correctif leur a permis de s'ajuster et de progresser et que la présentation dans différents exercices des connaissances à acquérir facilitait leur acquisition. Les auteurs précisent toutefois que des recherches supplémentaires sont nécessaires afin de déterminer quel niveau de répétitions, de *feedback* correctifs et d'interactivité seraient optimaux pour améliorer cet outil. Ces derniers ont aussi relevé comme Segers et Verhoeven (2005) que les progrès constatés pouvaient être dus au renforcement positif et à la neutralité fournie par l'outil numérique. Enfin, ils ont souligné l'importance de proposer des tâches de difficultés croissantes pour provoquer un sentiment d'autosatisfaction dans la réussite. Par ailleurs, l'outil numérique, dans sa conception, doit proposer un équilibre entre une stimulation adaptée et efficace aux objectifs ciblés et des effets distracteurs moindres pour un engagement total de l'enfant dans la tâche proposée (Neumann, 2018). En outre, il est préconisé que les logiciels et/ou applications correspondent au mieux au programme tel qu'il est vu en classe ou en rééducation (Segers & Verhoeven, 2004, 2005). Enfin, l'utilisation de la tablette tactile requiert des actions plus simples et plus intuitives que l'utilisation d'une souris (Brown & Harmon, 2013 ; McManis & McManis, 2016 ; Neumann, 2018).

4. Durée et fréquence de l'entraînement

McManis et McManis (2016) ont affirmé qu'un entraînement devait durer au moins 12 semaines pour qu'il soit efficace. Or, 7 des 13 interventions ont une durée inférieure et seulement deux de ces interventions n'ont pas été considérées comme suffisamment efficaces. L'une d'entre elles ne montre aucun effet positif de l'entraînement sur les apprentissages (Brown & Harmon, 2013). Puis, l'autre montre un effet positif mais pas d'amélioration significative des performances comparée au groupe contrôle (McLeod et al., 2017). En outre, Comaskey et al. (2009) ont fait le constat d'une durée d'entraînement trop courte, alors qu'elle durerait 13 semaines. L'intensité pourrait aussi être discutée en parallèle afin de déterminer quel serait le format d'entraînement minimal. Quant au temps pour chaque session d'intervention, il semble faire consensus entre les études. Il se situe entre 15 et 30 minutes afin de correspondre au temps moyen d'attention et de concentration sur une tâche d'un enfant d'âge préscolaire.

5. Limites méthodologiques

D'un point de vue méthodologique, quelques biais ont été relevés dans les études sélectionnées ainsi que dans notre revue systématique de littérature. Tout d'abord, les échantillons réduits et l'absence de randomisation dans toutes les études lors de la répartition des groupes expérimentaux et contrôles sont deux éléments réduisant la validité et la généralisation des résultats. Toutefois, 9 des 13 études sélectionnées ont utilisé un modèle d'étude randomisée et contrôlée, mais la faiblesse des échantillons observés réduit considérablement la puissance statistique des tests.

On observera qu'aucune de ces études ne concerne la langue française et ses particularités. Même si les études sont basées sur des langues alphabétiques, les unités disponibles précocement et favorisant la conscience phonémique diffèrent selon la langue d'acquisition (Ziegler & Goswami, 2005). Pour une généralisation des interventions aux jeunes enfants francophones, des études solidement menées méritent d'être développées en France.

En outre, les études sélectionnées ont montré une grande hétérogénéité concernant les modalités d'évaluation et d'entraînement, le matériel utilisé pour l'entraînement, la sélection des logiciels ou applications, le type de population, la composition du groupe contrôle, ou encore la durée et l'intensité de l'intervention (voir ci-dessous). Cela peut révéler un biais de comparaison inter-articules ne permettant pas de conclure avec certitude à propos de l'effet réel de l'entraînement des habiletés précoces liées au code pour une population donnée.

Enfin, concernant les groupes contrôles dans chaque étude, on observe une variabilité de leurs activités pendant l'entraînement du groupe expérimental : certains ont reçu un enseignement classique, d'autres ont bénéficié d'un accès à des activités non-liées aux performances académiques (puzzle, livre électronique).

6. Perspectives

Une seule des études analysées implique des orthophonistes. L'initiative de McLeod et al. (2017) était, en partie, de combler l'écart entre l'offre et la demande de rééducation orthophonique pour les enfants atteints d'un trouble phonologique et ainsi permettre, grâce à ces exercices stimulant les habiletés phonologiques, un espacement des séances ou une attente de prise en soins. Ces auteurs ont conclu qu'il était important que ces activités dites de suivi et

réalisées par des personnes n'étant pas orthophonistes (parents, enseignants ou éducateurs) soient similaires à celles réalisées par l'orthophoniste en séance et donc en accord avec les objectifs thérapeutiques. Segers et Verhoeven (2004) ont conclu que les enfants avec des troubles spécifiques du langage pouvaient bénéficier d'une intervention courte et intensive stimulant les habiletés phonologiques en parallèle du suivi orthophonique. D'après ces études, l'utilisation de logiciels ou d'applications pourrait donc être pertinente si ceux-ci sont utilisés comme moyen d'atteindre un objectif thérapeutique précis au cours de la rééducation, sous supervision directe de l'orthophoniste, mais aussi en complément de la rééducation à la maison ou dans le lieu de scolarisation de l'enfant, sous supervision indirecte du professionnel de santé et sous réserve de la bonne implication de l'agent d'intervention.

Les interventions relevées dans cette revue systématique de littérature visaient majoritairement les enfants jugés à risque de développer des difficultés en lecture. D'un point de vue orthophonique, la nomenclature des actes orthophoniques ne comprend pas (en France) de prise en soins de ces enfants en difficulté et/ou jugés à risque de développer des difficultés d'apprentissage en lecture. En effet, la prise en soins ciblant le langage écrit ne s'effectue qu'à partir de l'objectivation d'un trouble, comme un trouble du langage oral impactant le langage écrit ou un TSA avec déficit en lecture et/ou de l'expression écrite. Les jeunes enfants bénéficiant d'une prise en soins orthophoniques précoce concernant le langage écrit sont donc ceux présentant déjà un trouble diagnostiqué. Des questions émergent alors sur le suivi de ces jeunes enfants en difficulté ou "jugés à risque", en partie à cause d'un faible niveau d'exposition à l'écrit souvent corrélé à l'origine socio-culturelle (milieu défavorisé avec ou sans situation de bilinguisme). Ces enfants pourraient faire l'objet d'une action de prévention précoce à l'école et/ou à la maison. Pour cette action de prévention autour des habiletés précoces en lecture, comme nous avons pu l'observer à travers cette revue systématique de littérature, l'outil numérique et en particulier l'outil tactile tel que la tablette semble être adapté et attrayant pour motiver l'enfant parfois déjà démotivés par ces premiers apprentissages pré-scolaires. Enfin, des études destinées aux enfants avec des troubles spécifiques précoces devraient être développées. Par exemple, pour des dysphasiques l'objectif de l'application serait de coupler le traitement des unités phonologiques à l'observation de la configuration oro-faciale qui produit ces unités (voir Castiglioni-Spalten & Ehri, 2003) ; pour des enfants atteints de trisomie 21, en facilitant l'accès aux phonèmes via la présentation de syllabes dans la double modalité (voir Ecalle et al., 2021).

CONCLUSION

Cette revue systématique de littérature montre les effets positifs obtenus lors de l'utilisation d'outils numériques chez les enfants d'âge pré-scolaire pour favoriser l'apprentissage des habiletés phonologiques et/ou le principe alphabétique. L'intérêt de tels outils repose sur leurs caractéristiques intrinsèques : la présentation des items en double modalité visuelle et auditive, un contenu personnalisable, l'interactivité avec des *feedback* pouvant corriger et encourager l'enfant. La première caractéristique nous semble l'un des points forts de ces outils par la présentation simultanée des lettres avec leurs phonèmes, par la présentation de syllabes en double modalité (Ecalte et al., 2016, 2020a et b).

Toutefois, la généralisation des résultats de ces études est rendue délicate principalement par de faibles échantillons, peu d'évaluations à moyen ou long terme ou encore de faibles tailles d'effet. De nouvelles études expérimentales s'avèrent nécessaires pour tester des conditions optimales de mise en place d'un outil numérique d'aide à la compréhension du principe alphabétique chez des enfants d'âge préscolaire, particulièrement des études avec d'importants effectifs sont nécessaires, les études à faibles effectifs conduisant à une surestimation des effets dans la mesure où il existe une forte corrélation négative entre la taille de l'échantillon et la taille d'effet des interventions (voir Cheung & Slavin, 2016).

Du point de vue de la recherche clinique en orthophonie, ce type d'études mériterait d'être mené auprès de jeunes enfants avec divers troubles du langage. Cela permettrait notamment de justifier l'utilisation des outils numériques comme moyen de rééducation possible auprès de ce jeune public susceptible de montrer un intérêt particulier à ce format interactif et ludique, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives dans la relation de l'orthophoniste à son patient⁵.

Pour conclure, deux points semblent importants à souligner pour améliorer l'efficacité des outils utilisés : le rôle des interactions enfant-adulte au cours de l'entraînement et celui de la formation des professionnels qui introduisent l'outil dans leurs pratiques. Dans une revue de questions et une méta-analyse récente portant sur 28 études utilisant le logiciel GraphoGame qui vise l'apprentissage des correspondances graphèmes-phonèmes, McTigue et al. (2020) montrent que l'impact du logiciel n'a pas donné une taille d'effet globalement significative.

5 Voir le n° 264 de Rééducation Orthophonique (déc. 2015).

Toutefois, ces auteurs montrent que dans les études où le protocole prévoit une interaction adulte-enfant importante autour du logiciel une taille d'effet positive moyenne ($g = .48$) est observée. Ces interactions permettent aux enfants d'activer des connaissances en les verbalisant. Les auteurs insistent sur l'importance de l'implication des adultes dans la motivation des enfants, avec des effets positifs renforcés lorsque le praticien encourage les participants. Une méta-analyse récente (Verhoeven et al., 2020) a été menée sur les effets des interventions d'alphabetisation précoce assistées par ordinateur dans différentes langues au préscolaire et à la maternelle depuis 1995. Cinquante-neuf études ont été retenues avec un total de 339 tailles d'effet, impliquant 6786 enfants de préscolaire et maternelle. Une analyse multi-niveaux a été conduite pour estimer la taille moyenne de l'effet et pour examiner la modulation des effets. En moyenne, une faible taille d'effet positif de .28 (avec un CI à 95% : de .21 à .35) a été mise en évidence entre les traitements et les mesures de résultats. Une importante variation dans les tailles d'effet a été observée entre les études et en particulier entre les comparaisons au sein des études. Si l'intervention faisait partie d'un système d'apprentissage intégré en classe, les effets étaient meilleurs. Cette analyse montre également l'importance de la rigueur méthodologique des protocoles dans la mesure où les tailles d'effet sont plus élevées en cas d'absence de randomisation et de comparaisons avec l'enseignement habituel en classe au lieu d'un groupe de contrôle.

La question de la formation des praticiens dans le cas où l'outil est inséré dans les pratiques professionnelles a également été posée. La méta-analyse tertiaire réalisée par Archer et al. (2014) qui porte sur la ré-analyse des données des articles issus eux-mêmes de trois revues systématiques de la littérature (Slavin et al., 2008, 2009 ; Torgerson & Zhu, 2003) examinant l'impact de l'utilisation des nouvelles technologies pour favoriser les apprentissages de l'écrit, montre que les résultats en termes d'efficacité sont relativement inconsistants : sur 38 études, 8 ont un effet négatif et les 30 autres, un effet positif. Toutefois, parmi ces dernières, seulement 10 ont une taille d'effet statistiquement significative. Ils examinent alors le poids de quatre modérateurs susceptibles d'expliquer les effets positifs des nouvelles technologies sur les performances des enfants : 1) le type de revue systématique, 2) la formation des professionnels et le soutien pendant l'utilisation de l'outil, 3) la fidélité de l'implémentation et 4) le dispositif en classe. Ils concluent que seul le modérateur 2 montre un effet significatif. Lorsque les praticiens qui ont mis en place l'étude ont bénéficié d'une formation initiale et d'un soutien sur le dispositif utilisé, les tailles d'effet sur les performances des enfants augmentent significativement.

Les différentes méta-analyses insistent clairement sur l'utilisation des outils numériques : lorsqu'elle est accompagnée, soutenue par un adulte auprès de l'enfant, elle est bien plus efficace. Comme le disent Cheung et Slavin (2012), "for reading instruction there is no magic in the machine" (p. 212). L'outil en tant que tel offre certes un espace de travail original, stimulant et en autonomie pour l'enfant. Mais c'est bien l'adulte qui le propose et qui en suit son utilisation par l'enfant : cet accompagnement est essentiel.

Le rejet d'une approche dite "*wait to fail*", attendre l'échec pour intervenir, au profit d'une approche qui consiste à proposer des interventions pédagogiques précoces indépendamment des causes des difficultés en lecture et avant l'établissement d'un diagnostic formel, nous paraît prometteur (voir Torgesen, 2001). Dans cette perspective, les outils numériques, à condition que leur conception repose sur des hypothèses scientifiques sérieuses, qu'ils aient été validés expérimentalement et que leur utilisation soit "accompagnée" lors d'interactions adulte-enfant, nous paraissent des aides efficaces pour enrichir l'environnement pédagogique et stimuler l'apprentissage de la lecture notamment.

BIBLIOGRAPHIE

*Les articles précédés d'un * sont les articles faisant l'objet de la présente revue de littérature.*

American Psychiatric Association. (2015). *DSM 5 – Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e éd.). Elsevier Masson.

Archer, K., Savage, R., Sanghera-Sidhu, S., Wood, E., Gottardo, A., & Chen, V. (2014). Examining the effectiveness of technology use in classrooms: A tertiary meta-analysis. *Computers & Education*, 78, 140-149. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1016/j.compedu.2014.06.001>

Brem, S., Bach, S., Kucian, K., Kujala, J. V., Guttorm, T. K., Martin, E., Lyytinen, H., Brandeis, D., & Richardson, U. (2010). Brain sensitivity to print emerges when children learn letter-speech sound correspondences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(17), 7939–7944. <https://doi.org/10.1073/pnas.0904402107>

*Brown, M., & Harmon, M. T. (2013). iPad intervention with at risk preschoolers: Mobile technology in the classroom. *Journal of Literacy and Technology*, 14, 56-78.

Bruner, J. S. (1981). *Le Développement de l'enfant. Savoir faire, savoir dire*. Paris: PUF.

Castiglioni-Spalten, M. L., & Ehri, L. C. (2003). Phonemic awareness instruction: Contribution of articulatory segmentation to novice beginners' reading and spelling. *Scientific Studies of Reading*, 7(1), 25-52. https://doi.org/10.1207/S1532799XSSR0701_03

Cheung A. C., & Slavin R. E. (2016), How methodological features affect effect sizes in Education. *Educational Researcher*, 45(5), 283-292. <https://doi.org/10.3102/0013189X16656615> ebbels

Cheung, A. C. K., & Slavin, R. E. (2012). How features of educational technology applications affect student reading outcomes: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 7(3), 198-215. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.05.002>

*Comaskey, E. M., Savage, R. S., & Abrami, P. (2009). A randomised efficacy study of Web-based synthetic and analytic programmes among disadvantaged urban kindergarten children. *Journal of Research in Reading*, 32(1), 92-108. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.2008.01383.x>

- Ebbels, S. H. (2017). Intervention research : Appraising study designs, interpreting findings and creating research in clinical practice. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 19(3), 218-231. <https://doi.org/10.1080/17549507.2016.1276215>
- Ecalle, J., & Magnan, A. (2021). *L'apprentissage de la lecture et ses difficultés* (3^e éd.). Dunod.
- Ecalle, J., Navarro, M., Suarez-Labat, H., Gomes, C., Cros, L., & Magnan, A. (2016). Concevoir des applications sur tablettes tactiles pour stimuler l'apprentissage de la lecture : Avec quelles hypothèses scientifiques ? *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 23(2), 33-56. <https://doi.org/10.3406/stice.2016.1700>
- Ecalle, J., Sanchez, M., & Magnan, A. (2021). A computerized syllable-based intervention for French-Speaking children with Down Syndrome: What effects on reading skills? *Exceptionality Education International*, 31(1), 41-61. <https://doi.org/10.5206/eei.v31i1.13879>
- Ecalle, J., Vidalenc, J.-L., & Magnan, A. (2020a). Computer-based training programs to stimulate learning to read in French for newcomer migrant children: A pilot study. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies*, 22, 23-47. <https://dx.doi.org/10.7358/ecps-2020-022-ecale>
- Ecalle, J., Vidalenc, J.-L., Ballet, C., & Magnan, A. (2020b). From fundamental research to the design of a software solution to help poor readers. *Journal of Educational Computing Research*, 58(2), 297-318. <https://doi.10.1177/0735633119845447>
- Gersten, R., Fuchs, L. S., Compton, D., Coyne, M., Greenwood, C., & Innocenti, M. S. (2005). Quality indicators for group experimental and quasi-experimental research in special education: *Exceptional Children*, 71(2), 149-166. <https://doi.org/10.1177/001440290507100202>
- *Hecht, S. A., & Close, L. (2002). Emergent literacy skills and training time uniquely predict variability in responses to phonemic awareness training in disadvantaged kindergartners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 82(2), 93-115. [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(02\)00001-2](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(02)00001-2)

- Kegel, C. A. T., & Bus, A. G. (2012). Online tutoring as a pivotal quality of web-based early literacy programs. *Journal of Educational Psychology*, 104(1), 182–192. <https://doi.org/10.1037/a0025849>
- Kegel, C. A. T., Bus, A. G., & van IJzendoorn, M. H. (2011). Differential susceptibility in early literacy instruction through computer games: The role of the dopamine D4 receptor gene (DRD4). *Mind, Brain, and Education*, 5(2), 71–78. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2011.01112.x>.
- Kim, J., Gilbert, J., Yu, Q., & Gale, C. (2021). Measures matter: A meta-analysis of the effects of educational apps on preschool to grade 3 children’s literacy and math skills. *AERA Open*, 7. <https://doi.org/10.1177/23328584211004183>
- 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 healthcare interventions: Explanation and elaboration*. *BMJ*, 339, b2700. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2700>
- *McLeod, S., Baker, E., Atwater, J., Wren, Y., Roulstone, S., Crowe K., Masso, S., White, P., & Howland, C. (2017). Cluster-randomized controlled trial evaluating the effectiveness of computer-assisted intervention delivered by educators for children with speech sound disorders. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(7), 1891-1910. https://doi.org/10.1044/2017_JSLHR-S-16-0385
- *McManis, M. H., & McManis, L. D. (2016). Using a touch-based, computer-assisted learning system to promote literacy and math skills for low-income preschoolers. *Journal of Information Technology Education: Research*, 15, 409-429. <https://doi.org/10.28945/3550>.
- McTigue, E. M, Solheim, O. J., Zimmer, W. K., & Uppstad, P. H. (2020). Critically reviewing GraphoGame across the world: Recommendations and cautions for research and implementation of computer-assisted instruction for word-reading acquisition. *Reading Research Quarterly*, 55(1), 45–73. <https://org/doi:10.1002/rrq.256>
- *Mioduser, D., Tur-Kaspa, H., & Leitner, I. (2001). The learning value of computer-based instruction of early reading skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16(1), 54-63. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2729.2000.00115.x>

- 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>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & PRISMA-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- *Neumann, M. M. (2018). Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children. *Early Childhood Research Quarterly*, 42, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2017.10.006>
- *O’Callaghan, P., McIvor, A., McVeigh, C., & Rushe, T. (2016). A randomized controlled trial of an early-intervention, computer-based literacy program to boost phonological skills in 4- to 6-year-old children. *British Journal of Educational Psychology*, 86(4), 546-558. <https://doi.org/10.1111/bjep.12122>.
- Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2018). The effectiveness of computer and tablet assisted intervention in early childhood students’ understanding of numbers. An empirical study conducted in Greece. *Education and Information Technologies*, 23(5), 1849–1871. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9693-7>
- *Plak, R. D., Kegel, C. A. T., & Bus, A. G. (2015). Genetic differential susceptibility in literacy-delayed children: A randomized controlled trial on emergent literacy in kindergarten. *Development and Psychopathology*, 27(1), 69-79. <https://doi.org/10.1017/S0954579414001308>
- *Schmitt, K. L., Hurwitz, L. B., Sheridan Duell, L., & Nichols Linebarger, D. L. (2018). Learning through play: The impact of web-based games on early literacy development. *Computers in Human Behavior*, 81, 378-389. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.036>
- *Segers, E., & Verhoeven, L. (2004). Computer-supported phonological awareness intervention for kindergarten children with specific language impairment. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 35(3), 229-239. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2004/022\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2004/022))

- *Segers, E., & Verhoeven, L. (2005). Long-term effects of computer training of phonological awareness in kindergarten. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(1), 17-27. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00107.x>
- Slavin, R. E., Cheung, A., Groff, C., & Lake, C. (2008). Effective reading programs for middle and high schools: A best-evidence synthesis. *Reading Research Quarterly*, 43(3), 290-322. <http://dx.doi.org/10.1598/RRQ.43.3.4>.
- Slavin, R. E., Lake, C., Davis, S., & Madden, N. A. (2011). Effective programs for struggling readers: A best-evidence synthesis. *Educational Research Review*, 6(1), 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.07.002>
- Slavin, R. E., Lake, C., Chambers, B., Cheung, A., & Davis, S. (2009). Effective reading programs for the elementary grades: A best-evidence synthesis. *Review of Educational Research*, 79(4), 1391-1466. <http://dx.doi.org/10.3102/0034654309341374>.
- Torgesen, J. K. (2001). The theory and practice of intervention: Comparing outcomes from prevention and remediation studies. Dans A. J. Fawcett (dir.), *Dyslexia: Theory and good practice* (p. 185-202). Whurr Publishers.
- Torgerson, C. J., & Zhu, D. (2003). A systematic review and meta-analysis of the effectiveness of ICT on literacy learning in English, 5e16. Dans R. Andrews (dir.), *The impact of ICT on literacy education*. Routledge Falmer.
- *Van der Kooy-Hofland, V. A. C., Bus, A. G., & Roskos, K. (2012). Effects of a brief but intensive remedial computer intervention in a sub-sample of kindergartners with early literacy delays. *Reading and Writing*, 25(7), 1479-1497. <https://doi.org/10.1007/s11145-011-9328-5>
- Verhoeven, L., Voeten, M., van Setten, E., & Segers, E. (2020). Computer-supported early literacy intervention effects in preschool and kindergarten: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 30, 100325. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100325>
- Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131(1), 3-29. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.1.3>

-----ANNEXES-----

Annexe A

Synthèse des résultats de la recherche bibliographique



PRISMA 2009 Flow Diagram

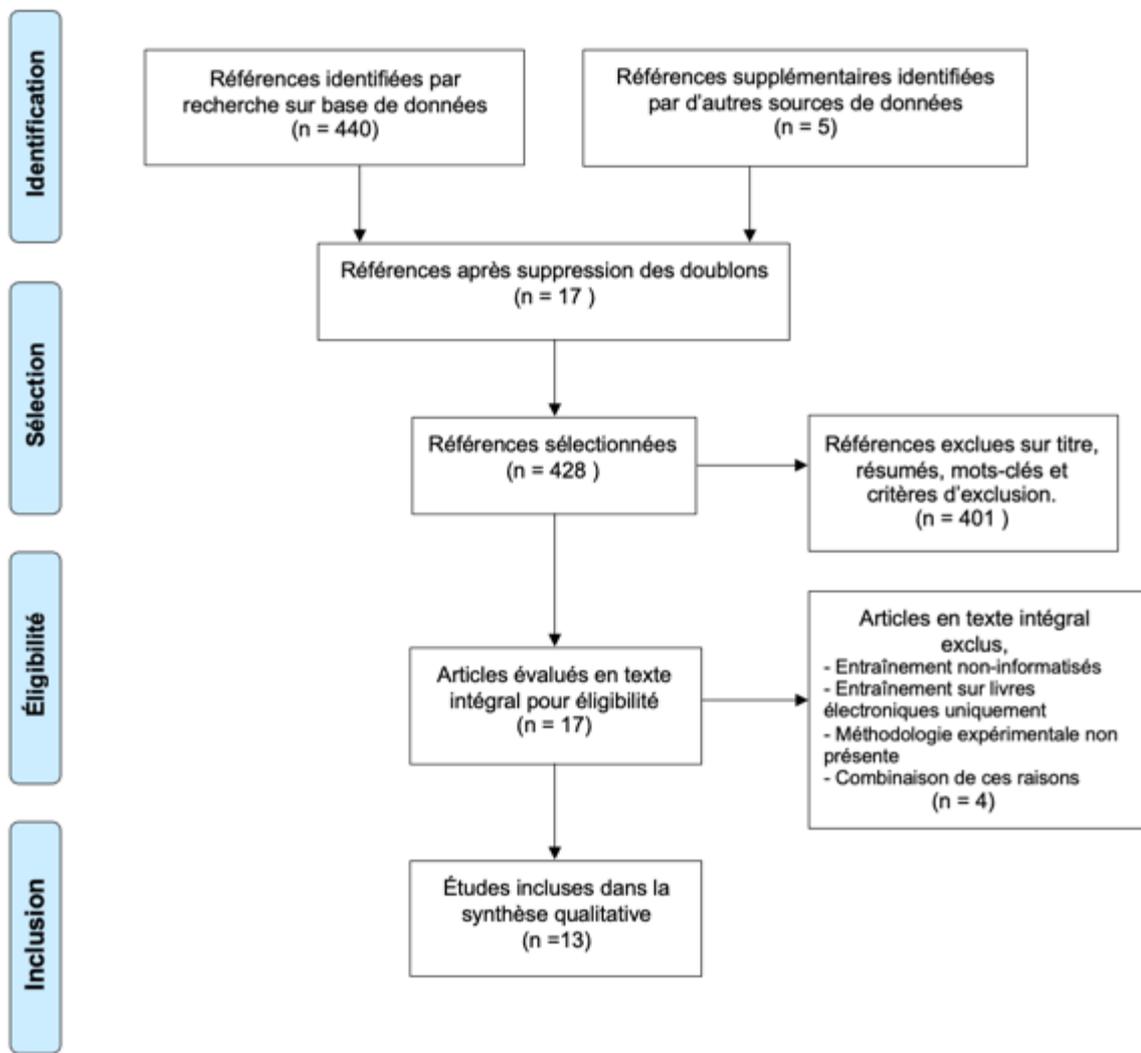


Diagramme de flux - PRISMA 2009

Annexe B

Caractéristiques des 13 études (1)

		Brown et Harmon (2013)	Comaskey et al. (2009)	Hecht et Close (2002)	McManis et McManis (2016)	Mc Leod et al. (2017)	Neumann (2018)	Mioduser et al. (2001)	O' Callaghan et al. (2016)	Plak et al. (2015)	Schmitt et al. (2018)	Segers et Verhoeven (2004)	Segers et Verhoeven (2005)	Van der Kooy-Hofland et al. (2012)
Indicateurs essentiels	Description des participants (sur 3 points)	2,33	2,67	2,67	2,67	3	2,67	3	3	2,67	2,67	3	3	2,67
	Intervention et comparaison des conditions (sur 3 points)	2	3	2,67	2,67	3	3	2,33	2,33	2,67	3	2,67	2,67	3
	Mesure des résultats (sur 3 points)	2	2,5	2,5	3	3	3	2,5	3	3	3	2,5	2,5	2,5
	Analyse des données (sur 3 points)	2,5	3	3	3	3	3	2,5	3	2	2	3	3	3
	Total (sur 12 points)	8,83	11,2	10,8	11,3	12	11,7	10,3	11,3	10,3	10,7	11,2	11,2	11,2
Indicateurs souhaitables	Perte des participants documentée	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non
	Fiabilité de cohérence interne, de test-retest, interévaluateurs	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui
	Collecteurs de données non familiers aux conditions et participants	Non	Oui	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
	Effets de l'intervention mesurés à distance	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Oui	Oui
	Données de validité fournies	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Évaluation des caractéristiques de surface de l'intervention	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Nature de l'instruction dans la condition de comparaison documentée	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
	Extraits audio ou vidéo	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Présentation claire et cohérente des résultats	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
Niveau	Haute qualité ¹					X	X							
	Qualité acceptable ²													

¹ Tous les critères sauf un des 10 indicateurs essentiels de qualité et au moins quatre des 8 indicateurs souhaitables de qualité

² Tous les critères sauf un des 10 indicateurs essentiels de qualité et au moins un des 8 indicateurs souhaitables de qualité

Caractéristiques des 13 études (2)

Auteur, année	Titre de l'article	Type de l'étude	Mots-clés de l'article	Population (groupes expérimental + contrôle),	Fréquence et durée de l'entraînement	Logiciel / application utilisé.e.s	Conditions du groupe contrôle	Mesure des résultats	Effet de l'entraînement, résultats
Brown et Harmon (2013)	<i>iPad intervention with At Risk Preschoolers : Mobile Technology in the clasroom</i>	Étude contrôlée et randomisée		N=20 ; âge : 4-5a ; langue évaluée : anglais (USA) ; enfants en difficultés -résultats faibles évaluation nationale.	10 semaines ; 1h/ semaine (30 minutes habiletés lecture, 30 minutes habiletés mathématiques.	Pour les compétences précoces en lecture : application sur Ipad ciblant : la connaissance des lettres majuscules et minuscules (pas de détails)	Applications sur Ipad non ciblées sur les apprentissages académiques (pas de détails)	Connaissance des lettres majuscules et minuscules (son et nom)	Pas de différences significatives entre les deux groupes.
Comaskey et al. (2009)	<i>A randomized efficacy study of Web-Based synthetic and analytic programmes among disadvantaged urban Kindergarden children</i>	Étude contrôlée et randomisée		N= 53 ; langue évaluée : anglais (Canada), enfants issus d'un milieu défavorisé.	13 semaines, 3 fois /semaine.	Site Web : ABRACADABRA : Habiletés métaphonologiques /épiphonologiques/ phonologiques.	Évaluation de 2 méthodes d'apprentissage via le site.	Habiletés phonologiques, identification de mots écrits, dénomination de lettres, lexique.	Approche phonétique analytique : amélioration des habiletés de rimes. Approche phonétique systématique : effet sur l'association de phonèmes mais pas d'effet sur la segmentation.
Hecht et Close (2002)	<i>Emergent literacy skills and training time uniquely predict variability in responses fo phonemic awareness training in disadvantaged kindergartners</i>	Étude de groupe quasi-expérimentale	Preventing reading failure ; Phonologica l awareness, Phonemic awareness, Computer-assisted intervention	N=76 ; âge moyen = 5,7a ; langue évaluée : anglais (USA) niveau socioéconomique bas ; minorité ethnique : Afro-américains.	1 année académique, environ 6 mois, 15 minutes de session par semaine.	The waterford early reading program (WERP-1) : Connaissance des lettres, habiletés phonologiques, compréhension.	Enseignement classique.	Habiletés phonologiques, connaissance des lettres, connaissance de l'écriture des lettres, lexique, lecture de mots simples.	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle : segmentation et fusion phonémiques. Pas de différences entre les groupes pour : la connaissance des lettres, l'écriture des lettres, le niveau de lexique.

Caractéristiques des 13 études (3)

Auteur, année	Titre de l'article	Type de l'étude	Mots-clés de l'article	Population (groupes expérimental + contrôle),	Fréquence et durée de l'entraînement	Logiciel / application utilisé.e.s	Conditions du groupe contrôle	Mesure des résultats	Effet de l'entraînement, résultats
McLeod et al. (2017)	<i>Cluster Randomized Controlled Trial Evaluating the Effectiveness of Computer-Assisted Intervention for Children with Speech Sound Disorders</i>	Étude contrôlée et randomisée	Intervention, Speech sound disorders, Randomized controlled trial, Sound Start Study, Speech processing, Children's speech	N=120 ; âge : 4,7a ; Langue évaluée : anglais (Australie) ; Trouble des sons de la parole : trouble phonologique.	8 semaines - 4 fois/semaine	Phoneme factory Sound Sorter (PFSS) : Habiletés phonologiques, compétences liées au code.	Enseignement classique (dont le contenu a été recensé)	Production de la parole ; compétences liées au code : conscience phonémique, connaissances sur les livres, écriture émergente, habiletés phonologiques.	Pas de différences significatives entre l'efficacité de l'intervention par ordinateur et l'enseignement classique. Mais amélioration des deux groupes dans toutes les performances.
McManis et McManis (2016)	<i>Using a Touch-Based, Computer-Assisted Learning to promote Literacy and Math Skills for Low-Income Preschoolers</i>	Étude quasi-expérimentale	Computer-assisted, Touch-based, Instructional technology, Math, Preschool, Student achievement, Low-income	N= 125 ;âge moyen : ? ; Langue évaluée : anglais (USA), Statut socio-économique faible : considérés à risque de développer des difficultés d'apprentissage.	24 semaines, 1 fois 30 min/ semaine	I Smart System	Enseignement classique.	Pas de détails.	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle. Corrélation temps passé sur le jeu / performances.
Mioduser et al. (2001)	<i>The learning value of computer-based instruction of early reading skills : Early reading skills</i>	Étude contrôlée et randomisée	Computer, Control group, Instruction, Literacy, Preschool, Reading, Special education	N=46 ; âge : 5-6a; langue parlée : hébreu ; enfants avec difficultés d'apprentissage.	?	Programme "I have a dream I can read" : reconnaissance de lettres et mots (2 groupes expérimentaux : un sur ordinateur et un sur papier)	Enseignement classique.	Habiletés phonologiques, reconnaissance des mots écrits, dénomination des lettres.	Performances significativement supérieures pour le groupe expérimental "ordinateur" pour les 3 habiletés.

Caractéristiques des 13 études (4)

Auteur, année	Titre de l'article	Type de l'étude	Mots-clés de l'article	Population (groupes expérimental + contrôle),	Fréquence et durée de l'entraînement	Logiciel / application utilisé.e.s	Conditions du groupe contrôle	Mesure des résultats	Effet de l'entraînement, résultats
Neumann (2018)	<i>Using tablets and apps to enhance emergent literacy skills in young children</i>	Étude contrôlée et randomisée	Emergent literacy, touch screen tablets, Ipads, Apps, Young children	N=72 ; âge : 2-5 a ; Langue évaluée : anglais (Australie) ; Enfants au développement typique.	9 semaines ; 30 minutes /semaine	3 applications : Endless Alphabet : connaissance des lettres (son et nom) ; Letter School : reconnaissance et tracé de lettres ; The draw body : dessin	Enseignement classique.	Connaissance des lettres (son et nom), écriture du prénom.	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle pour : le nom des lettres, le son des lettres, l'écriture du prénom. Pas d'amélioration de l'écriture des lettres.
O'Callaghan et al. (2016)	<i>A randomized controlled trial of an early-intervention computer based literacy program to boost phonological skills in 4- to 6-year-old children</i>	Étude contrôlée et randomisée		N= 98 ;âge moyen : 5,2 a ; Langue évaluée : anglais (Irlande du Nord), Enfants les plus faibles lors de l'évaluation des habiletés phonologiques.	8 semaines, 20-30 minutes / semaine	Lexia Reading Score	Enseignement classique + quelques activités phonétiques supplémentaires	Habiletés phonologiques.	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle sauf pour la segmentation phonémique.

Caractéristiques des 13 études (5)

Auteur, année	Titre de l'article	Type de l'étude	Mots-clés de l'article	Population (groupes expérimental + contrôle),	Fréquence et durée de l'entraînement	Logiciel / application utilisé.e.s	Conditions du groupe contrôle	Mesure des résultats	Effet de l'entraînement, résultats
Plak et al. (2015)	<i>Genetic differential susceptibility in literacy-delayed children : A randomized controlled trial on emergent literacy in kindergarten</i>	Étude contrôlée et randomisée		N=257 (2 groupes expérimentaux - 2 groupes contrôles) ; âge moyen : 5,6 a ; langue évaluée : néerlandais; enfants considérés à risque de développer des difficultés d'apprentissage - certains possédant le gène encodant le DRD4 (test salivaire au milieu de l'intervention ; ces enfants auraient plus de bénéfice de l'entraînement informatisé).	7-8 semaines ; 2 fois 15 minutes / semaine	Groupe expérimental 1 = Living Letters : Compréhension de la correspondance grapho-phonémique à partir de la première lettre du prénom ; Groupe expérimental 2 = Living book, livre électronique.	Enseignement classique.	Écriture du prénom, connaissance des lettres.	Groupe 1 : Tous les enfants bénéficient du programme. Pas de sensibilité particulière des enfants possédant le gène DRD4. Groupe 2 : amélioration significative des enfants ayant le gène DRD4.
Schmitt et al. (2018)	<i>Learning through play : The impact of web-based games on early literacy development</i>	Étude contrôlée et randomisée		N= 94 ; âge : entre 5 et 6 ans ; Langue parlée : anglais (USA) ; Enfants issus de ménages à moyen ou bas revenus.	8 semaines, 15 minutes 4 fois / semaine	Site web " PBS Kids island* : Connaissance des lettres, conscience phonémique et phonologique, lexicale, identification de mots écrits.	Accès 1h / semaine à des sites web proposant des jeux de type puzzle.	Connaissances des lettres (son et nom), habiletés phonologiques, épiphonologiques, lexicale.	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle pour : l'identification phonémique, remettre des lettres d'un mot dans l'ordre. Mais pas de différences significatives entre les groupes pour : les rimes. Corrélations entre temps passé sur les jeux d'apprentissages et les performances.

Caractéristiques des 13 études (6)

Auteur, année	Titre de l'article	Type de l'étude	Mots-clés de l'article	Population (groupes expérimental + contrôle),	Fréquence et durée de l'entraînement	Logiciel / application utilisé.e.s	Conditions du groupe contrôle	Mesure des résultats	Effet de l'entraînement, résultats
Segers et Verhoeven (2004)	<i>Computer-Supported Phonological Awareness Intervention for Kindergarten Children With Specific Language Impairment</i>	Étude quasi-expérimentale		N=36 ; âge moyen = 5,9 a ; langue évaluée : néerlandais ; Enfants avec trouble spécifique du langage oral.	5 semaines, 14 sessions de 15 minutes.	Logiciel développé par les chercheurs et soutenu par le ministère de l'enseignement. Habiletés phonologiques, épiphonologiques.	Programme autre sur ordinateur.	Conscience lexicale (découpage de phrases en mots), segmentation syllabique, conscience des rimes, habiletés phonologiques.	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle seulement si toutes les habiletés phonologiques sont évaluées ensemble.
Segers et Verhoeven (2005)	<i>Long-term effects of computer training of phonological awareness in kindergarten</i>	Étude quasi-expérimentale	CD-ROM, Control group, Experiment, Kindergarten, Multimedia, Phonological awareness, Second language learning	N = 78 ; âge moyen = 5,6 ans ; langue évaluée : néerlandais ; attention portée sur les enfants dont la L1 ≠ du néerlandais.	1 année académique, 35 semaines effectives : 15 minutes / semaine sauf les 10 dernières semaines : 45 minutes / semaine.	Logiciels conçus à buts éducatifs : connaissance des lettres, reconnaissance de mots écrits, segmentation phonémique.	Jeux sur ordinateur : histoires, jeux sur les formes.	Habiletés phonologiques : rimes, segmentation, combinaison ; Habiletés en lecture : connaissance des graphèmes, décodage de mots simples.	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle pour : les rimes (seulement pour les enfants L1≠néerlandais), connaissance des lettres. Évaluation <i>post hoc</i> 4 mois après l'apprentissage de la lecture : effet significatif de l'entraînement. Corrélations entre temps passé sur les jeux d'apprentissages et les performances.
Vanderkooy-Hofland et al. (2011)	<i>Effects of a brief but intensive remedial computer intervention in sub-sample of kindergartners with early literacy delays</i>	Étude contrôlée et randomisée	At risk kindergarten children, Code related knowledge, Early intervention, Early literacy delays, Long-term effects, Randomized controlled trial (RCT), Web-based computer program	N=110 ; âge moyen = 5,9 a ; langue évaluée : néerlandais - Enfants considérés à risque d'apprentissage de la lecture au vu de l'évaluation.	15 semaines, 15 minutes / semaine	Living Letters : Compréhension de la correspondance grapho-phonémique à partir de la première lettre du prénom.	Livre électronique : Living book	Connaissance des lettres (son et nom), habiletés phonologiques, essai d'écriture de mots simples (par son).	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle pour : conscience phonologique, reconnaissance de mots écrits, écriture de petits mots simples. Évaluation lecture-orthographe <i>post-hoc</i> après 18 mois d'apprentissage explicite de la lecture = meilleurs résultats pour le groupe expérimental.