



<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>



Université Claude Bernard Lyon 1
Institut des Sciences et Techniques de Réadaptation
Département Orthophonie

N° de mémoire 2047

Mémoire d'Orthophonie

présenté pour l'obtention du

Certificat de capacité d'orthophoniste

Par

CHEREL Maud

**Des outils numériques pour stimuler le code alphabétique chez les enfants
d'âge préscolaire : quels effets ?**

Revue de littérature systématique

Directeurs de Mémoire :

ÉCALLE Jean

MAGNAN Annie

Année académique 2019-2020

Membres du jury :

BATILLY Lydie

KLEINSZ Nina

ÉCALLE Jean

MAGNAN Annie



Institut Sciences et Techniques de Réadaptation

DEPARTEMENT ORTHOPHONIE

Directeur ISTR
Xavier PERROT

Équipe de direction du département d'orthophonie :

Directeur de la formation
Agnès BO

Coordinateur de cycle 1
Claire GENTIL

Coordinateur de cycle 2
Solveig CHAPUIS

Responsables de l'enseignement clinique
Claire GENTIL
Ségolène CHOPARD
Johanne BOUQUAND

Responsables des travaux de recherche
Lucie BEAUVAIS
Nina KLEINSZ

Responsable de la formation continue
Johanne BOUQUAND

Responsable du pôle scolarité
Rachel BOUTARD

Secrétariat de scolarité
Anaïs BARTEVIAN
Constance DOREAU KNINDICK
Patrick JANISSET
Céline MOULARD

1. UNIVERSITÉ CLAUDE BERNARD LYON 1

Président
Pr. FLEURY Frédéric

Vice-président CFVU
Pr. CHEVALIER Philippe

Président du Conseil Académique
Pr. BEN HADID Hamda

Vice-président CS
M. VALLEE Fabrice

Vice-président CA
Pr. REVEL Didier

Directeur Général des Services
M. VERHAEGHE Damien

1.1 Secteur Santé :

U.F.R. de Médecine Lyon Est
Doyen **Pr. RODE Gille**

Directrice **Pr. SEUX Dominique**

U.F.R de Médecine et de
maïeutique - Lyon-Sud Charles
Mérieux
Doyenne **Pr. BURILLON Carole**

Institut des Sciences Pharmaceutiques
et Biologiques
Directrice **Pr. VINCIGUERRA Christine**

Comité de Coordination des
Etudes Médicales (C.C.E.M.)
Président **Pr. COCHAT Pierre**

Institut des Sciences et Techniques de
la Réadaptation (I.S.T.R.)
Directeur **Dr. PERROT Xavier**

U.F.R d'Odontologie

Département de Formation et Centre
de Recherche en Biologie Humaine
Directrice **Pr. SCHOTT Anne-Marie**

1.2 Secteur Sciences et Technologie

U.F.R. Faculté des Sciences et
Technologies
Directeur **M. DE MARCHI Fabien**

Institut des Sciences Financières et
d'Assurance (I.S.F.A.)
Directeur **M. LEBOISNE Nicolas**

U.F.R. Faculté des Sciences
Administrateur provisoire
M. ANDRIOLETTI Bruno

Observatoire Astronomique de Lyon
Directeur **Mme DANIEL Isabelle**

U.F.R. Biosciences
Administratrice provisoire
Mme GIESELER Kathrin

Ecole Supérieure du Professorat et
de l'Education (E.S.P.E.)
Administrateur provisoire
M. Pierre CHAREYRON

U.F.R. de Sciences et Techniques
des Activités Physiques et Sportives
(S.T.A.P.S.)
Directeur **M. VANPOULLE Yannick**

POLYTECH LYON
Directeur **M. PERRIN Emmanuel**

Institut Universitaire de Technologie
de Lyon 1 (I.U.T. LYON 1)
Directeur **M. VITON Christophe**

Résumé

L'apprentissage de la lecture débute avant l'instruction formelle engagée à l'école primaire. En effet, des compétences précoces concernant les habiletés phonologiques et la compréhension du principe alphabétique sont nécessaires dès la maternelle. Attractifs et ludiques, les logiciels et applications dans le domaine de l'apprentissage du code, ne cessent de croître sans que l'on connaisse toujours leurs impacts et implications. Par ailleurs, peu de ces systèmes informatisés destinés à l'enfant préscolaire sont testés et validés scientifiquement, surtout en France. 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, lues, 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 interindividuelles sont toutefois à prendre en compte. Cette présente revue fait alors état des intérêts et limites de ces études. Puis, 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.

Abstract

Learning to read begins before formal instruction started in primary school. Indeed, early skills in phonological abilities and understanding of the alphabetic principle are needed as early as kindergarten. Attractive and playful, software and applications in the field of code-learning continue to grow without their impacts and implications always being known. Moreover, few of these computerized systems for pre-school children are scientifically tested and validated, especially in France. This systematic literature review therefore focuses on the effects of training stimulating alphabetic coding using digital tools (computers or touch tablets) in preschool children. 13 quasi-experimental or experimental studies conducted in different countries and evaluating this type of training were selected, read 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.

Key words: literature review; emergent literacy; learning disabilities; preschoolers; digital tools; training.

Remerciements

Je voudrais dans un premier temps remercier mes directeurs de mémoire Jean Écalte et Annie Magnan pour leur encadrement, leurs réflexions et conseils apportés.

J'adresse mes remerciements à toutes les orthophonistes qui m'ont accueillie en cabinet libéral, en institution ou à l'hôpital pour nos échanges, vos conseils et connaissances transmises.

Je remercie également ma famille qui, tout au long de ce parcours post-bac plus long qu'imaginé, n'a jamais cessé d'être présente et de croire en moi.

Un grand merci à mes ami.e.s : à celles du 22, Marie, Mélanie et Noëlline, présentes dans ma vie depuis tellement d'années déjà ; à Angélique, ma « cousine » sur qui je peux toujours compter ; à mes colocataires, Manon et Tiphaine tant de moments partagés à vos côtés dans cette triloc d'enfer ; à Romane, mon amie et future collègue, un boute-en-train avec qui je suis pressée de vivre de nouvelles aventures ; aux « réunionnaises », Hélène et Solène, mes amies du début, avec qui j'ai pu vivre une jolie expérience ensoleillée ; à mes compagnons orthophoniques, mes amis, les « BG » au grand complet grâce à qui études ont aussi rimé avec rires, goûters et cie. Vous m'êtes précieux.

Des remerciements spéciaux à Baptiste qui, durant cette dernière ligne droite semée d'embûches, a su m'encourager et m'accompagner.

Sommaire

I	Partie théorique	1
1	Introduction	1
2	L'accès au principe alphabétique.....	2
2.1	La connaissance des lettres.....	2
2.2	La conscience phonologique.....	3
2.2.1	La conscience phonémique.....	3
2.2.2	Le cas de l'enfant francophone : la syllabe, unité phonologique précocement acquise.....	4
3	Les interventions précoces.....	6
4	L'outil numérique comme moyen d'intervention	7
5	Question de recherche et objectifs de la revue de littérature	9
II	Méthode	10
1	Définition de la question de recherche et éligibilité	10
1.1	Contexte de l'étude et question de recherche.....	10
1.2	Critères et éligibilité	10
2	Mise en œuvre de la stratégie de recherche et sélection des articles	11
2.1	Source des données bibliographiques.....	11
2.2	Stratégies d'interrogation des bases de données et sélection des études 11	
3	Évaluation méthodologique des études	13
3.1	Mesure de la robustesse des études.....	13
3.2	Mesure de la qualité méthodologique.....	13
III	Résultats	14
1	Résultats de la recherche systématique	14
2	Qualité des études	14
2.1	Robustesse des études.....	14
2.2	Qualité méthodologique	15
3	Caractéristiques des études	15
4	Caractéristiques des participants	15

5	Caractéristiques des interventions	16
6	Mesures des résultats	18
7	Résultats obtenus	19
IV	Discussion et conclusion	22
1	Discussion des principaux résultats	22
1.1	Résistance à l'entraînement	23
1.2	L'étayage de l'entourage	23
1.3	Les intérêts de l'utilisation de l'outil informatisé	25
1.4	Durée et fréquence de l'entraînement	26
2	Limites méthodologiques	26
2.1	Limites des études	26
2.2	Limites de la revue systématique de littérature	28
3	Perspectives	28
3.1	Perspectives cliniques	28
3.2	Perspectives de recherche	28
4	Conclusion	29
	Références	31
	Annexes	I

I Partie théorique

1 Introduction

En 2018, 11,5 % des jeunes participant à la journée défense et citoyenneté (JDC) rencontraient des difficultés dans le domaine de la lecture (Chabanon, 2018). Les origines des difficultés en lecture sont multiples. L'origine peut être neurodéveloppementale, la difficulté est alors consécutive à un trouble spécifique des apprentissages (TSA) avec déficit de la lecture et/ou de l'expression écrite ou consécutive à un trouble impactant les représentations phonologiques comme le trouble développemental du langage (TDL) ou le trouble des sons de la parole (TSP). L'origine peut être également liée à un environnement ne permettant pas à l'enfant de bénéficier d'une exposition au langage écrit suffisante.

L'apprentissage de la lecture débute avant l'entrée en classe de CP et requiert alors des compétences précoces. Dès son plus jeune âge, l'enfant acquiert des compétences en langage oral et les développe progressivement. Il se retrouve ensuite confronté à des écrits (dans son environnement et/ou par l'enseignement), puis, des connexions s'établissent entre le langage oral et le langage écrit. Trois grands prédicteurs de réussite ultérieure en lecture ont d'ailleurs été énoncés : la dénomination rapide de lettres, les habiletés phonologiques et la connaissance de lettres (Puolakanaho et al., 2008). Une évaluation de ces prédicteurs permet de repérer les enfants à risque de développer des difficultés lors de l'apprentissage de la lecture (Ecalte & Magnan, 2015). Selon l'origine des difficultés, une intervention de prévention ou une prise en soins orthophoniques ciblant ces prédicteurs pourrait être précocement mise en place. Cela permettrait d'accompagner l'enfant dans ses difficultés et favoriser son entrée dans le langage écrit.

La première partie de ce mémoire définira l'acquisition du principe alphabétique puis présentera l'intervention précoce et sa mise en place par le biais de l'outil numérique. Dans une deuxième partie, la méthodologie qui a permis l'élaboration de cette revue systématique de littérature sera présentée. Pour finir, la troisième et quatrième partie présenteront les résultats pertinents issus de cette recherche, une synthèse des conclusions tirées, les limites de ce travail puis les perspectives cliniques et de recherche.

2 L'accès au principe alphabétique

Les langues alphabétiques, comme la langue française, reposent sur la maîtrise du principe alphabétique. La prise de conscience et la maîtrise de ce dernier permet progressivement la mise en place des processus d'Identification des Mots Écrits (IME) (Ehri, 1995). En effet, lors du début de l'apprentissage de la lecture l'enfant apprend à isoler et manipuler les unités abstraites de la langue : les phonèmes (Écalle & Magnan, 2015) puis, établit et automatise leurs correspondances avec des graphèmes. Ce n'est qu'ensuite qu'il identifie systématiquement les mots écrits. Autrement dit, l'apprenti lecteur doit comprendre que le langage écrit est un codage du langage oral (Chetail & Mathey, 2010). Le principe alphabétique se fonde alors principalement sur la connaissance des lettres, la conscience phonologique et plus spécifiquement la conscience phonémique.

2.1 La connaissance des lettres

La connaissance des lettres possède une forte valeur prédictive de réussite en lecture et joue alors un rôle essentiel dans l'apprentissage de la lecture (Écalle & Magnan, 2015). En effet, pour apprendre à lire, un enfant doit savoir dénommer une lettre et en connaître sa valeur phonémique. L'enfant commence par apprendre le nom des lettres à travers des comptines ou des abécédaires (Bus & Van IJzendoorn, 1999) puis apprend leur valeur phonémique au cours de l'instruction.

Certaines lettres sont plus accessibles que d'autres. Tout d'abord, les lettres du prénom et plus spécifiquement la lettre initiale sont plus connues que les autres (Justice et al. 2016). Ensuite, les lettres du début de l'alphabet sont considérées comme celles qui sont le mieux retenues. Puis, les lettres dont le nom fait partie de la prononciation sont apprises plus rapidement, comme le B, le F ou les voyelles (Écalle & Magnan, 2015). Pour finir, « selon l'hypothèse de l'ordre des consonnes, les consonnes qui sont prononcées les premières lors du développement phonologique seraient les lettres consonnes apprises le plus vite » (Écalle & Magnan, 2015, p.18). Selon l'ordre d'apparition des phonèmes consonantiques établi par MacLeod et al. (2011) à partir du français québécois, les premiers phonèmes acquis (avant 36 mois) sont les suivants : /t/ /m/ /n/ /z/.

Par ailleurs, la conscience phonémique et la connaissance des lettres sont étroitement liées. En effet, Castles et Coltheart, (2004) ont affirmé que ne pas connaître l'alphabet empêchait la segmentation phonémique.

2.2 La conscience phonologique

La conscience phonologique est définie comme la capacité à isoler et à manipuler les unités minimales de la langue orale (Ehri et al., 2001). Certaines études ont affirmé que le développement de la conscience phonologique chez les enfants suit un schéma évolutif, passant de la capacité à isoler les grandes unités sonores (mots ou syllabes) à des unités intermédiaires (attaques et rimes) puis à de petites plus unités, les phonèmes (Stanovich, 1992; Treiman & Zukowski, 1991). Par ailleurs, lors d'une étude inter-langues, Ziegler et Goswami (2005) ont présenté une théorie de l'apprentissage de la lecture : « la théorie de la granularité ». Cette dernière permet de définir les unités utilisées lors de la reconnaissance et l'IME en prenant en compte de la régularité des correspondances graphèmes-phonèmes et de la taille des unités les plus saillantes. Pour le français, il a été montré que la progression de la conscience phonologique allait des unités plus larges avec les syllabes aux plus petites avec les phonèmes. Par ailleurs, quelle que soit la langue la conscience phonémique se développe sous l'effet de l'instruction. (Ziegler, 2018; Ziegler & Goswami, 2005).

2.2.1 La conscience phonémique

«La conscience phonémique [est] définie par l'identification et la manipulation intentionnelle des phonèmes composant le langage oral » (Doignon & Zagar, 2006, p258). Le phonème, plus petite unité distinctive de la langue, est difficile à repérer, isoler et manipuler pour l'apprenti lecteur. En effet, son abstraction oblige le lecteur à s'en faire une représentation mentale. Bosse et Zagar (2016) ont montré que les difficultés variaient selon les phonèmes. En effet, ils ont mis en évidence que les phonèmes les plus facilement identifiables étaient les phonèmes vocaliques parce qu'ils pouvaient être prononcés isolément. Les phonèmes fricatifs tels que /f/ /v/ /z/ /s/ sont plus faciles à isoler car ce sont des sons que l'on peut prolonger. Les plus difficiles à isoler et repérer sont les phonèmes dits occlusifs : /p/ /t/ /k/ b/ /d/ /g/, parce qu'on ne peut réellement les prononcer sans qu'ils soient suivis de phonèmes vocaliques.

La conscience phonémique constitue l'un des prédicteurs puissants d'un bon apprentissage de la lecture. Cependant, plusieurs études ont observé que les pré-lecteurs échouaient dans les tâches de repérages d'unités phonémiques (Liberman, Shankweiler, Fischer, & Carter, 1974 ; Morais, Cary, Alegria, & Bertelson, 1979). En se basant sur les résultats de ces études, Bosse et Zagar (2016) ont mené une étude auprès d'enfants de 4,5 à 6 ans durant laquelle ces derniers ont effectué une tâche de segmentation phonémique. Les résultats montrent que jusqu'à l'âge de 5 ans, cette

tâche est échouée mais que celle-ci s'améliore au cours de l'apprentissage de la lecture. Ces constats viennent confirmer que la conscience phonémique et donc la maîtrise du principe alphabétique se développent difficilement chez l'enfant pré-lecteur.

2.2.2 Le cas de l'enfant francophone : la syllabe, unité phonologique précocement acquise.

Comme évoqué précédemment à travers « la théorie de la granularité », en français, l'unité syllabique représente une unité saillante à l'oral permettant de favoriser la conscience phonémique. Par ailleurs, cette conscience syllabique précoce chez l'enfant francophone a été montrée dans l'étude inter-langues français-anglais de Duncan et al. (2006). Chetail et Mathey, (2010) ont défini la syllabe comme une unité de segmentation du langage parlé. En effet, il s'agit d'une unité phonologique large, intermédiaire entre le phonème et le mot, facilement repérable à l'oral dans les tâches de comptage syllabique (Doignon & Zagar, 2006). La syllabe est composée d'une ou plusieurs voyelles constituant le noyau vocalique (/a/ ; /ou/) et parfois de consonnes (/tra/ ; /ar/ ; /car) (Doignon & Zagar, 2006, p.259). La manipulation syllabique est possible à partir de l'âge de 4 ans alors que celle portant sur les phonèmes est échouée à cet âge. (Liberman et al., 1974; Bruck et al., 1997). A partir de ces constats, son rôle dans l'IME a largement été étudié.

Dans une première étude afin de déterminer le rôle de la syllabe dans la reconnaissance des mots écrits, une tâche de détection visuelle de syllabe au début d'un mot, fréquent ou non, a été proposée à des apprentis lecteurs en classe de CP. (Colé et al. 1999). Une cible consonne – voyelle ou consonne – voyelle – consonne a été présentée pendant 1s. Un mot, apparaissait ensuite en-dessous, l'enfant devait alors déterminer si la syllabe proposée était dans ce mot ou non. Les résultats ont montré un effet de compatibilité syllabique. Les bons lecteurs ont obtenu un temps de réaction plus court quand la cible correspondait à la syllabe initiale du mot et plus long quand elle ne correspondait pas. Cela a permis d'affirmer que dès le début de l'apprentissage explicite de la lecture, l'unité syllabique contribuait à l'IME. Cette étude princeps a donné lieu à une série d'études qui a confirmé l'effet de compatibilité syllabique dans une tâche de détection visuelle d'une syllabe CV ou CVC à l'initiale d'un mot CV ou CVC (Maïonchi-Pino et al., 2010a, 2010b). Ensuite, l'hypothèse selon laquelle le traitement grapho-syllabique est utilisé dès le début de l'apprentissage de la lecture a aussi été testée grâce au paradigme des « conjonctions illusoires »

(Prinzmetal et al., 1986). La tâche des conjonctions illusoires consistait à détecter une couleur cible au sein d'un mot. Un mot ou un pseudo-mot était brièvement proposé au sujet qui devait rapporter la couleur de la lettre cible. La simple désignation de la couleur et non du mot a rendu la tâche accessible aux pré-lecteurs. La brièveté de présentation du mot menait l'enfant à effectuer des erreurs de deux natures : de préservation ou de violation. Autrement dit, soit la lettre énoncée appartenait à la même syllabe que celle de la lettre cible, il s'agissait alors d'une erreur de préservation. Soit à l'inverse, la lettre énoncée n'appartenait pas à celle de la lettre cible, il s'agissait donc d'une erreur de violation. Grâce à ce paradigme Doignon et Zagar (2006) ont pu montrer que chez les enfants francophones, les syllabes orales représentaient des unités perceptives identifiées dans les mots écrits à un niveau précoce de traitement des mots et que la perception des syllabes à l'écrit résultait d'informations phonologique et orthographique. Ce paradigme a aussi permis Maïonchi-Pino et al. (2012) de mettre en évidence un traitement grapho-syllabique chez les jeunes lecteurs.

Puis, ces études ont permis à Doignon-Camus et Zagar (2014) d'intégrer les unités syllabiques dans un modèle de reconnaissance des mots écrits pour l'apprenti-lecteur nommé : *Developmental interaction activation model with syllables* (DIAMS). Les auteurs se sont basé sur la version adaptée du modèle d'activation interactive (McClelland & Rumelhart, 1981), proposé par Mathey, Zagar et al. (2006) et dans lequel a été intégré la représentation mentale de syllabe à un niveau pré-lexical phonologique. Dans le modèle DIAMS, Doignon-Camus et Zagar (2014) décrivent « le déroulement des événements cognitifs sous-jacents à l'apprentissage de la lecture chez l'enfant francophone » (p.1160). Au début de cet apprentissage, la segmentation syllabique est déjà maîtrisée par l'enfant qui découvre les relations graphèmes-phonèmes. Puis, au cours de l'enseignement, l'enfant apprend le nom et la forme des lettres et peut mettre en lien le mot dit à l'oral avec les unités visuelles formées par les lettres. Ces unités visuelles respectent un ordre précis et forment des syllabes écrites correspondant aux syllabes orales. La connexion entre les lettres et les sons permet à l'enfant de déchiffrer ses premiers mots puis de différencier des sons appartenant à une même syllabe afin de pouvoir avoir une représentation mentale des différents phonèmes. Enfin, la fréquence d'association de plusieurs lettres à une même syllabe forme des groupements de lettres appelés « clusters ». Des unités lexicales orthographiques se construisent alors afin d'établir de la voie directe de

lecture. Pour finir, ce modèle a permis à Doignon-Camus et Zagar (2014) de formuler l'hypothèse du « pont syllabique » selon laquelle les unités syllabiques disponibles spontanément et précocement à l'oral amenaient l'enfant à faire des liens avec les séquences de lettres écrites. Progressivement, ces liens s'automatisent. Les va-et-vient entre la syllabe écrite et la syllabe orale favorisent la prise de conscience phonémique et permettent à l'apprenti-lecteur d'accéder au code alphabétique puis, peu à peu, à l'IME.

Suite à la formulation de cette hypothèse du pont syllabique, il convient de s'interroger sur la stimulation de la conscience phonémique via la syllabe et des lettres qui la constituent. Celle-ci pourrait être mise en place dans le cadre d'une intervention précoce chez l'enfant francophone jugé à risque de développer des difficultés dans l'acquisition de la lecture.

3 Les interventions précoces

Les inégalités langagières apparaissent bien avant l'apprentissage formel de la lecture. Le mauvais développement des habiletés dites prédictives à l'apprentissage de la lecture est mis en cause. Les facteurs peuvent être multiples : faible exposition au langage écrit, bilinguisme, TDL, TSP etc. Ces enfants qui ont rencontré des difficultés dès le début de l'apprentissage prennent du retard, peinent ensuite à le rattraper et pour la plupart, vont rencontrer des difficultés en lecture tout au long de leur scolarité (Ecalte et al., 2009). Des écarts s'établissent donc progressivement entre faibles et bons lecteurs. La mise en place d'interventions précoces semble alors être une première solution. Selon les facteurs explicatifs des difficultés, l'intervention menée sera pédagogique ou orthophonique. Dans une méta-analyse, Ehri et al. (2001) ont souligné que lorsqu'un entraînement phonologique portait sur les relations entre orthographe et phonologie, l'effet de cet entraînement sur les compétences en lecture était plus important. Les interventions précoces ciblant la stimulation des compétences de décodage et/ou les habiletés phonologiques ont donc été largement privilégiées. Les objectifs principaux des interventions précoces sont de diminuer les différences interindividuelles et d'éviter au maximum l'émergence de difficultés en lecture, en particulier chez les enfants à risques d'en développer (Labat et al., 2013). De ce fait, plusieurs dispositifs précoces ont été expérimentés auprès d'enfants pré-lecteurs et ont montré un impact positif sur les performances ultérieures en lecture. Dans une étude longitudinale, Bianco et al., (2010) ont montré qu'un entraînement phonologique précoce auprès d'enfants de Moyenne Section de maternelle (MSM) et de Grande-

Section de maternelle (GSM) stimulait de façon significative les habiletés phonologiques en classe de CP. En outre, Labat et al. (2011) ont proposé trois entraînements (phonologiques, audiovisuels et multi-sensoriels) à la lecture, à des enfants scolarisés en GSM. Le but était de favoriser l'acquisition du principe alphabétique chez les enfants jugés à risque de développer des difficultés en lecture. Les résultats ont mis en évidence que ces trois entraînements avaient des effets positifs sur les performances « des faibles connaisseurs de lettres » et que celui qui était le plus efficace était l'entraînement multi-sensoriel. Plus récemment, un Dispositif Pédagogique pour l'Apprentissage de la Lecture-Écriture en GS (DiPale) a été mis en place (Ecalte et al., 2015). L'objectif principal a été de déterminer quels effets les interventions menées en GSM avaient sur les apprentissages. Cette étude a été menée auprès d'un large échantillon composé de 3578 enfants répartis en deux groupes (expérimental et contrôle). Un protocole en trois phases (pré-test/entraînement/post-test) a été choisi. Lors des phases pré et post-test, les habiletés phonologiques, la connaissance des lettres et la compréhension orale ont été évaluées. L'entraînement proposé était ciblé sur les connaissances liées à l'IME telles que le principe alphabétique et les habiletés phonologiques ainsi que sur la compréhension orale. Les résultats ont souligné que les enfants de faible niveau lors de l'évaluation pré-test étaient ceux qui avaient les meilleurs gains de performance pour les lettres, les habiletés phonologiques ainsi que la compréhension orale. Cette étude a donc montré qu'une intervention ciblée sur les prédicteurs de réussite en lecture pouvait, dès la maternelle, améliorer les performances liées à l'émergence du langage écrit surtout chez les enfants jugés à risque de développer des difficultés d'apprentissages de la lecture.

4 L'outil numérique comme moyen d'intervention

En France, dès l'année 2000, plusieurs « systèmes d'aides à l'apprentissage pilotés par ordinateurs (*computer-assisted learning*, CAL) » (Ecalte et al., 2016) puis par tablettes tactiles ont été développés. Plusieurs développeurs se sont d'ailleurs intéressés au domaine de l'apprentissage de la lecture afin de proposer des logiciels et applications adaptés aux enseignants ainsi qu'aux orthophonistes. Les problèmes rencontrés par de nombreux logiciels et applications sur tablettes tactiles est qu'ils sont rarement testés et validés scientifiquement ou ne se basent pas sur des hypothèses théoriques sérieuses. Or, une validation expérimentale permet de vérifier, avec des mesures quantitatives, l'efficacité réelle de ces systèmes sur les performances des

enfants testés (Ecalte et al., 2016). En outre, sans ces expérimentations, aucune amélioration et adaptation ne peuvent être apportées. Ce manque d'études expérimentales à ce sujet peut, entre autres, s'expliquer par le temps nécessaire pour la mise en place d'un tel processus.

À buts éducatifs ou rééducatifs, peu de logiciels ou applications francophones, ayant pour objectif principal la réalisation d'interventions précoces auprès d'enfants préscolaires, ont été développées et validées. Dans une étude contrôlée et randomisée menée en GSM, Magnan et Ecalte (2006 ; étude 1) ont testé le module d'un logiciel d'aide à la lecture auprès de 16 enfants de GSM dont le niveau d'habiletés phonologiques a été considéré comme faible (âge moyen = 5 ;6 ans pour le groupe expérimental). Il s'agit de l'application *Play-On* développée par Danon-Boileau et Barbier, (2002) destinée à la fois aux enfants à risque de développer un TSA avec déficit de la lecture et/ou de l'expression écrite et aux enfants plus grands pour qui le trouble aurait été diagnostiqué. Les enfants entraînés lors de cette expérimentation ont bénéficié de cinq semaines d'entraînements, à raison de quatre sessions hebdomadaires de 15 minutes, à la discrimination auditive et visuelle des phonèmes comme /pa/ et /ba/. Les résultats ont mis en évidence une amélioration significative des performances du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle. Dans une présentation du logiciel, des observations qualitatives tirées d'un Mémoire d'orthophonie ont été exposées (Huot & Parisse, 2006). Pour ce Mémoire, cette application a été testée auprès d'enfants plus grands (7 à 13 ans) présentant un TDL sévère avec un déficit au niveau phonologique (léger à sévère). Des progressions ont alors été observées. Ce type d'application peut alors aussi être destiné à ce public, de plus amples études pourraient être établies afin d'évaluer leur apport dans le cadre d'une prise en soins orthophoniques d'un TDL. En outre, en partant de l'hypothèse du pont syllabique évoquée précédemment, une application en cours de test a été conçue par le laboratoire EMC (Lyon 2) : *SyllaboCod*. Celle-ci est destinée aux enfants pré-lecteurs et apprentis lecteurs jugés en difficulté. L'objectif ciblé est de favoriser l'accès au code alphabétique à partir des syllabes orales et ainsi permettre sa maîtrise et l'utilisation des syllabes écrites équivalentes pour enfin parvenir à l'IME (Ecalte et al., 2016). Pour finir avec la présentation d'outils numériques francophones destinés aux enfants d'âge préscolaire, une adaptation en français de l'application finlandaise *GraphoGame*, favorisant la facilitation et l'automatisation de l'IME, a été proposée par l'équipe de Ruiz (2017). Cette application est également destinée aux enfants de

primaire, le premier essai de validation a d'ailleurs été effectué auprès d'enfants de CP et CE1. Cet essai a permis d'observer une amélioration significative en IME pour les enfants du groupe expérimental par rapport à leurs pairs contrôles bénéficiant soit d'un entraînement non-informatisé similaire, soit d'un entraînement informatisé en mathématiques.

D'un point de vue technique, des études comme celle de Pila et al., (2019) ont montré que dès leur plus jeune âge, les enfants étaient capables d'utiliser et maîtriser les commandes de l'outil numérique et plus spécifiquement la tablette tactile. Dans cette expérimentation, des enfants âgés en moyenne de 5 ;1 ans ont pu bénéficier d'une semaine d'entraînement sur tablette tactile durant laquelle des jeux de programmation informatique ont été proposés. Une amélioration des compétences de programmation a alors été remarquée confirmant la capacité du jeune enfant à s'adapter à ce type d'outil et d'en retirer des apprentissages. La tablette tactile serait d'ailleurs plus ergonomique et intuitive que l'ordinateur.

Pour finir, ce type de programme d'intervention a plus largement été développé, testé et validé pour les enfants scolarisés en école élémentaire, Jamshidifarsani et al. (2019) dans une revue systématique de littérature internationale les ont d'ailleurs recensés.

5 Question de recherche et objectifs de la revue de littérature

Suite au constat selon lequel peu de ces outils destinés aux enfants d'âge préscolaire ont été développés, testés et validés au niveau francophone, il convient de se questionner sur la situation de la recherche scientifique à ce sujet dans les autres pays. Cela permettrait d'élargir les connaissances sur les impacts d'un entraînement informatisé lors d'une action de prévention des risques de difficultés d'apprentissage de la lecture ou dans le cadre d'une prise en soins orthophoniques, chez les enfants d'âge préscolaire.

Cette revue de littérature systématique recensera et évaluera les études expérimentales et quasi-expérimentales ayant évalué l'effet des entraînements informatisés stimulant les prédicteurs de la lecture chez les enfants scolarisés en maternelle et cela au niveau international. L'objectif général sera alors de déterminer les effets de ces entraînements informatisés sur les apprentissages liés au code en comparant plusieurs interventions. Les objectifs plus spécifiques seront d'une part, de déterminer pour quel type de population ces systèmes informatiques pourraient être pertinents et efficaces et d'autre part, d'identifier les intérêts et les limites de chaque étude afin d'en faire une synthèse.

II Méthode

La présente revue 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).

1 Définition de la question de recherche et éligibilité

1.1 Contexte de l'étude et question de recherche

Le marché des logiciels et applications rééducatifs, éducatifs et pédagogiques ne cesse de s'accroître et cela dans plusieurs domaines (mathématiques, lecture, langues étrangères, sciences ...). Cependant, ces derniers ne sont pas toujours testés et validés scientifiquement avant commercialisation. Cela pose question de leur réel intérêt. Dès l'école maternelle, les habiletés précoces constituant de forts prédicteurs de réussite en lecture comme les habiletés phonologiques et le principe alphabétique sont enseignés et entraînés. L'utilité d'un entraînement de ces habiletés par le biais de l'informatique est donc ici questionné. Autrement dit, ce travail a pour but d'examiner l'intérêt et donc les effets de l'utilisation des outils numériques dans le développement des habiletés précoces nécessaires à l'apprentissage de la lecture chez les enfants d'âge préscolaire risquant ou non de développer des difficultés ultérieures.

De cette question de recherche a résulté des critères stricts permettant de déterminer le périmètre de recherche. Ainsi commence le processus bibliographique itératif et documenté de la présente étude.

1.2 Critères et éligibilité

Afin de définir notre périmètre de recherche, des critères de sélection précis ont été établis à partir de notre problématique. Les articles sélectionnés devaient ainsi répondre à plusieurs critères d'inclusion concernant : le type d'étude, le type de population étudiée et le type d'entraînement(s) proposé(s). À propos du type d'étude, les critères étaient les suivants : (1) Études expérimentales ou quasi-expérimentales ; (2) Méthodologie scientifique précise selon la procédure résumé/méthode/résultats/discussion ; (3) écriture en langue française ou anglaise (4) publication entre 2000 et 2019. En ce qui concerne le type de population, nos exigences portaient sur : (1) Enfants d'âge préscolaire ; (2) Enfants n'ayant pas 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 troubles de la communication et les déficits de l'attention/hyperactivité, n'ont pas été exclus car cela nous paraissait intéressant d'analyser les potentielles études concernant ce public étant donné qu'ils constituent des personnes à risque de développer des difficultés d'apprentissage du langage écrit voire un TSA avec déficit de la lecture et/ou de l'expression écrite. Enfin, concernant le type d'entraînement, tous nos articles faisaient l'objet d'entraînements informatisés soit via des ordinateurs soit via des tablettes.

2 Mise en œuvre de la stratégie de recherche et sélection des articles

Tout au long de nos recherches, un journal de bord et un tableau de renseignements ont été tenus afin de tracer chacune de nos étapes d'investigation. Même si la période de réalisation de notre Mémoire sous format bibliographique représente un laps de temps limité nous avons tout de même mis en place une veille documentaire concernant notre sujet.

2.1 Source des données bibliographiques

La collecte des articles a été mise en place en anglais et en français à partir de plusieurs sources. Une recherche sur Google Scholar a tout d'abord été effectuée afin d'observer la présence de littérature sur le sujet ainsi que la pertinence des mots clés sélectionnés. Les mots clés inclus 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 ». Ensuite, la littérature a été recherchée et obtenue à partir de bases de données scientifiques (PubMed, ScienceDirect, ERIC (Education Resources Education Center) et orthophoniques (Glossa). En outre, quelques références ont été obtenues par un dépouillement minutieux de bibliographies issues du DRTO (Dossier de Réflexion Thématique en Orthophonie), d'articles, de thèses préalablement lus ou d'articles transmis par nos directeurs de Mémoire. Les caractéristiques générales des différentes bases de données sont développées en annexe A.

2.2 Stratégies d'interrogation des bases de données et sélection des études

La question de recherche a tout d'abord été traduite en mots-clés afin de déterminer notre équation de recherche. Une liste des concepts a donc été réalisée. Les notions listées dans un premier temps ont été les suivantes : enfant d'âge préscolaire, outil informatisé : (tablette tactile, ordinateur), entraînement, acquisition de la lecture ou compétences en littéracie. Afin de déterminer quelles terminologies étaient utilisées

dans les articles référencés et de traduire nos mots clés en anglais nous avons commencé par utiliser le portail HeTOP (Health Terminology/ Ontology Portal) puis l'outil Word Reference. À propos des outils informatisés nous avons donc choisi de retenir les noms des outils autrement dits ordinateur et tablette : « *computer* » « *tablet* » « *digital tool* » et de compléter avec « *app* » et « *software* » pour une recherche plus exhaustive. En ce qui concerne, les enfants d'âge préscolaire, « *preschool* » et « *kindergarten children* » « *early childhood* » ont été retenus. Puis, « *literacy skills* » et « *emergent literacy* » ont été sélectionnés relativement aux notions d'apprentissage de la lecture et de compétences en littéracie. Enfin, les notions d'entraînement, d'intervention et d'apprentissage ont été traduites par « *training* » « *intervention* » et « *learning* ». Ces mots-clés associés aux opérateurs booléens (AND,OR,NOT) ont permis la réalisation d'une première recherche sur PubMed. Pour chaque base de données une recherche avancée a alors été menée. Les paramètres de recherches différant selon les bases de données, un filtre concernant le type d'article, l'année, ainsi qu'un filtre de langue ont été appliqués lorsque cela était possible. Les bases de données ne permettent pas toujours des recherches similaires, par exemple, une recherche sur ScienceDirect ne permet qu'une utilisation limitée d'opérateurs booléens (8 maximum), le nombre de termes utilisés sur cette plateforme a donc été réduit. La recherche sur Glossa s'est effectuée en français. La situation sanitaire actuelle ayant entraîné une modification majeure de la modalité de notre Mémoire et donc un temps limité pour le réaliser, seules les études quasi-expérimentales et expérimentales ont été sélectionnées. Selon la langue exigée par les bases de données, les mots-clés sélectionnés ont été utilisés en anglais ou en français.

Lors d'une recherche, les titres puis résumés des articles, lorsque cela était nécessaire, ont été lus afin de permettre une première sélection. Cette présélection a été facilitée par le logiciel de gestion des références bibliographiques Zotero. Celui-ci a notamment permis de dédoubler les articles et ainsi faciliter leur exploitation et leur analyse. Ensuite, une lecture plus complète des articles présélectionnés a été réalisée. Enfin, nous avons procédé au dépouillement bibliographique de ceux-ci afin d'éventuellement repérer des articles pertinents sur la base du titre et d'ainsi les ajouter à notre revue. Le détail des mots-clés, des modalités d'interrogations selon chaque base de données, la sélection d'articles et des résultats obtenus a été développé en annexe A. La présente revue de littérature systématique comporte 13 documents.

3 Évaluation méthodologique des études

3.1 Mesure de la robustesse des études

La grille d'analyse Ebbels (Ebbels, 2017) a été utilisée afin de qualifier la robustesse des études selon le niveau de contrôle expérimental adopté par les chercheurs et le nombre de participants.

Tout d'abord, dans cette description, Ebbels (2017) mentionne dix modèles d'interventions, du moins contrôlé au plus contrôlé : (1) Anecdotes et expérience clinique; (2) Changement de score brut ; (3) Changement de notes standardisées ; (4) étude de cas – 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. Puis, quatre types d'études y sont décrits et classés de la manière suivante : A) étude avec un fort contrôle expérimental mais une petite taille d'échantillon, B) étude avec un fort contrôle expérimental et une grande taille d'échantillon, C) étude avec un faible contrôle expérimental et une petite taille d'échantillon, et D) étude avec un faible contrôle expérimental mais une grande taille d'échantillon. Les études considérées les plus robustes sont celles de type B.

3.2 Mesure de la qualité méthodologique

La qualité méthodologique des études de groupe expérimentales a été effectuée à partir des critères de qualité distingués par Gersten et al. (2016). Ces études ont alors été évaluées à partir de dix indicateurs essentiels de qualité et huit indicateurs souhaitables de qualité. Les indicateurs essentiels de qualité sont répartis entre les quatre 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. Plus de détails concernant ces indicateurs sont disponibles dans l'annexe E.

III Résultats

Les résultats issus des stratégies de recherches systématiques ainsi que de l'analyse qualitative des études seront ici développés.

1 Résultats de la recherche systématique

L'addition des ressources obtenues par les bases de données (n=440) et via d'autres ressources (n=5) a permis d'identifier 445 études. Suite à la suppression des doublons (n=17), une première sélection a pu être commencée sur 428 documents. L'élimination de 401 articles a résulté de la lecture du titre, des résumés et de l'analyse des mots clés. Les motifs d'exclusion étaient les suivants : articles non ciblés par la thématique concernant notamment les mathématiques ou l'aide à la communication, absence d'entraînement, absence d'outils informatisés pour la réalisation de l'entraînement, intervention proposée par le biais de livres électroniques ou clips vidéos, enfants scolarisés en école primaire (à partir du CP), ressource non disponible ou la combinaison de deux ou plusieurs de ces raisons. Une seconde sélection a été effectuée par la lecture entière des dix-sept articles restants. Aucune étude n'a été retenue de la base de données Glossa.

13 études expérimentales ou quasi-expérimentales de groupes 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 (des articles inclus dans cette revue, du DRTO ou d'articles transmis par nos directeurs de Mémoire). Un diagramme de flux présentant le processus de sélection des articles est disponible en annexe B.

2 Qualité des études

2.1 Robustesse des études

L'analyse de la robustesse des études a tout d'abord révélé un niveau de contrôle expérimental élevé pour neuf études. Ces dernières ont, en effet utilisé un modèle d'étude d'essai contrôlé et randomisé. Néanmoins, nous avons remarqué que le nombre de participants dans les conditions d'intervention était souvent faible et n'était supérieur à 100 que dans l'une des études (Plak et al., 2015). Les détails du niveau de fiabilité de chaque étude en se basant sur le degré de contrôle expérimental ainsi que la taille de l'échantillon est consultable en annexes C et D.

2.2 Qualité méthodologique

Sept études de groupe ont atteint un score de qualité supérieur à 11 sur un total de 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), 5 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 donc seulement l'une d'entre elle a atteint un score inférieur à 10 (Brown & Harmon, 2013). La défaillance de certains indicateurs essentiels de qualité s'est notamment traduite 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 (9 études). Deux des études ont pu être considérées d'une haute qualité méthodologique selon la grille d'analyse qualitative utilisée pour cette revue systématique (Gersten et al., 2016). Le détail de l'évaluation qualitative des études de la présente revue est référencé en annexe E.

3 Caractéristiques des études

Par choix, le design des études sélectionnées est homogène avec 13 études expérimentales ou quasi-expérimentales. La totalité de ces publications a été écrite et publiée en anglais. Aucune référence francophone n'a été obtenue. La recherche de données ciblait des articles internationaux, les pays d'origine des études obtenues étaient donc multiples : Australie (15,4%) , Canada (7,7%), Irlande du Nord (7,7%), Israël (7,7%), Pays-Bas (30,8%) et USA (30,8%). Les études sont donc majoritairement anglophones (61,6%). Les études restantes ont été menées en langue néerlandaise et en langue hébraïque. Excepté l'hébreux, langue dite chamito-sémitique, les langues utilisées pour les études étaient donc toutes des langues germaniques.

Sur la période recherchée (2000-2019), cinq études sélectionnées ont été publiées entre 2000 et 2010 (38,5%) et huit après (61,5%) dont cinq articles entre 2016 et 2018 (38,5%). Cela révèle un nombre croissant d'articles porté sur ce sujet.

4 Caractéristiques des participants

1185 sujets avec une moyenne de 91 sujets (ET = 59) ont participé aux différentes études sélectionnées. En moyenne, on a comptabilisé 51 participants (ET = 32) dans les groupes expérimentaux et 45 (ET = 31) dans les groupes contrôles. La recherche effectuée 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 instruits dans des classes équivalentes à l'école maternelle (*kindergarten*). La répartition par l'âge dans les onze études restantes s'est échelonnée de 2 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) parce qu'ils étaient issus d'un milieu socioéconomique moyen ou faible (quatre articles) ; (2) parce qu'ils faisaient partie du quartile inférieur lors des épreuves liées au code dans le cadre des évaluations nationales annuelles (cinq articles) ; (3) parce qu'ils possédaient 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) parce qu'ils étaient bilingues (1 article) ; (5) parce qu'ils étaient diagnostiqués comme ayant un trouble spécifique du langage oral (TSLO) (1 article) ou (6) un TSP de type trouble phonologique (1 article). Les caractéristiques de scolarisation diffèrent selon les pays, la population étudiée était soit scolarisée en école maternelle (*kindergarten*), soit intégrée dans des garderies pour enfants (équivalents à la Petite-Section ou la Moyenne section de Maternelle - *childcare centers*) ou, comme dans l'étude néerlandaise de Segers et Verhoeven (2004), scolarisée dans des écoles spécialisées aux élèves atteints d'un TSLO moyen à sévère.

5 Caractéristiques des interventions

Les interventions ont été réalisées par le biais de tablettes tactiles pour trois articles (23,1%), via ordinateurs avec écran tactile pour une étude et à l'aide d'ordinateurs pour les neuf interventions restantes (69,2%). Ces interventions ont été effectuées soit via l'accès à un site internet, un logiciel installé par CD-Rom pour les interventions basées sur ordinateur ou une application pour les entraînements sur tablette. Trois études ont choisi d'utiliser plusieurs logiciels ou applications pour la même intervention.

Les logiciels, applications ou sites web se sont concentrés sur une ou plusieurs compétence(s) précoce(s) liée(s) à l'apprentissage de la lecture. Ceux-ci pouvaient cibler : (1) les habiletés épi- ou métaphonologiques (rimes, phonèmes), (2) la connaissance des lettres (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. Certaines

compétences annexes comme le lexique sont aussi parfois entraînées. Deux études se sont également consacrées aux compétences en numération en parallèle. En ce qui concerne la stimulation de la compréhension de la correspondance grapho-phonémique, deux études ont utilisé un logiciel se basant sur l'écriture du prénom tandis que d'autres ont plutôt utilisé des logiciels se basant isolément sur chaque lettre de l'alphabet (cinq études) puis à travers des mots simples. Les lettres étaient majoritairement proposées en minuscule plutôt qu'en majuscule. L'entraînement des habiletés phonologiques portaient principalement sur des exercices de segmentation phonémique (six études), de fusion phonémique (cinq études) et/ou de repérage des rimes (trois études).

Les systèmes informatisés sont présentés de manière plus ou moins ludique pour garder l'attention de l'enfant sans non plus trop le distraire. Certains systèmes mettent en scène des personnages ou mettent en place des défis récompensés lorsqu'un niveau est fini. Ces systèmes ont permis la mise en place de niveaux progressifs et parfois individualisés pour chaque enfant. Avec cela, la présence d'un *feedback* auditif afin d'interagir avec les actions de l'enfant et/ou pour l'encourager est mentionné. En outre, pour que l'enfant soit en capacité de se rendre compte de ses erreurs et qu'un modèle de réponse correcte lui soit donné, 11 interventions ont choisi ou développé des systèmes d'entraînement informatisés avec un *feedback* correctif auditif et/ou visuel inclus.

D'une étude à l'autre, la durée d'entraînement sur outil informatisé pouvait varier 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). L'un des articles étudié ne mentionnait ni la durée ni la fréquence de l'intervention (Mioduser, 2001).

Pour l'une des études, l'entraînement s'est effectué à la maison avec l'aide du parent si besoin (Schmitt et al., 2018). Tous les autres entraînements se sont déroulés dans le lieu de scolarisation ou de garde collective (*chilcare centers*) de l'enfant. Lorsque la période d'entraînement était longue, celui-ci se déroulait au sein du groupe classe avec

l'aide de l'enseignant si besoin (trois études). Lorsque l'entraînement était plus court, l'enfant se trouvait seul ou en petit groupe avec un enseignant, un éducateur ou avec une personne chargée de la recherche pour un laboratoire.

Tous les auteurs n'ont pas fait les mêmes choix concernant la nature des groupes contrôles. En effet, certains groupes contrôles ont simplement reçu un enseignement classique (Hecht & Close, 2002; McLeod et al., 2017; McManis & McManis, 2016; Mioduser et al., 2001; Neumann, 2018; Plak et al., 2015), parfois avec des petites activités phonétiques supplémentaires (O'Callaghan et al., 2016) alors que d'autres ont bénéficié d'activités sur tablettes ou ordinateurs de type jeux non ciblés sur les connaissances académiques et/ou 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'approches phonétiques : l'approche analytique (stimulation à partir d'une unité large, le mot) et l'approche systématique (à partir d'une unité plus petite, le phonème) via une même plateforme de jeu sur ordinateur (Comaskey et al., 2009). Chaque groupe a donc reçu un entraînement différent mais chacun de ces entraînements avaient pour but de cibler les compétences émergentes en littéracie. Pour finir, il est noté que 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).

6 Mesures des résultats

Dans 11 études sur les 13 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. Une intervention a été mesurée en établissant une ligne de base post-intervention permettant ainsi à l'équipe de comparer les performances des sujets à un moment donné (O'Callaghan et al., 2016). Comaskey et al., (2009) testant l'effet de deux approches, a utilisé un modèle d'analyse linéaire pour chaque mesure de chaque intervention et cela pour les deux groupes d'entraînement. Pour toutes ces études, les outils de mesures des effets de l'intervention ont été élaborés à partir d'épreuves testant les habiletés phonologiques au niveau de la rime et/ou du 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). Certains auteurs ont aussi évalué des compétences qui ne nous intéressent pas pour cette revue et dont nous ne développerons donc 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. 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 inspirées de tests standardisés. (Mioduser et al., 2001; Neumann, 2018; Segers & Verhoeven, 2004, 2005; Van der Kooy-Hofland et al., 2012). Les équipes de McLeod, O'Callaghan, Van der Kooy-Hofland et Verhoeven (2005) ont de nouveau testé les compétences des enfants suite à l'apprentissage explicite de la lecture en y ajoutant une épreuve de décodage afin d'observer l'impact éventuel de l'intervention sur cet apprentissage. Trois des études se sont intéressées à la possible corrélation entre le temps passé sur les jeux d'apprentissages proposés et l'amélioration des performances. Cette mesure a été réalisée grâce à un relevé automatique par les logiciels ou applications concernés.

Une mesure qualitative supplémentaire sous forme de questionnaires parentaux a été choisie par l'équipe de Schmitt (2018).

Pour 11 études sur les 13 retenues, la passation de ces épreuves a été effectuée par des membres du laboratoire de recherche affiliés à l'étude ou par des étudiants en Master participant à l'étude. Les pré et post-tests de l'étude de Segers et Verhoeven (2005) et McLeod (2017) ont respectivement été menés par un psychologue scolaire et deux orthophonistes.

7 Résultats obtenus

Globalement, les interventions assistées par ordinateur ou par tablette de cette présente revue de littérature ont quasiment toutes abouti à une amélioration significative des performances des groupes expérimentaux par rapport à leurs pairs contrôles. Seules les études de Brown et Harmon (2013) ciblant uniquement la maîtrise du principe alphabétique et de l'équipe de McLeod (2017) ciblant les habiletés

phonologiques ainsi que la maîtrise du principe alphabétique n'ont relevé aucune différence significative entre les compétences post-tests des deux groupes. En revanche, même si quasiment toutes les interventions ont montré des résultats significatifs, l'amélioration n'a pas toujours concerné toutes les compétences ciblées par l'entraînement.

En effet, si nous regardons plus en détails, différents constats selon les outils informatisés utilisés et selon les habiletés testées et entraînées ont été observés. Hecht et Close (2002) ont révélé un effet significatif de leur entraînement seulement sur la segmentation et la fusion phonémique mais pas sur la correspondance grapho-phonémique et le niveau de lexique pourtant entraînés. Dans l'étude de Neumann (2018), l'effet n'a concerné que la maîtrise de la correspondance grapho-phonémique 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, l'équipe de O'Callaghan (2016), n'a pas relevé de résultats significatifs en segmentation phonémique. Lors de deux études, (Schmitt et al., 2018; Segers & Verhoeven, 2005), un effet significatif de l'intervention est relevé pour tous les groupes expérimentaux sur les performances liées au principe alphabétique en comparant aux groupes contrôles. Cependant, dû à l'effet plafond du niveau de rime chez les enfants de dernière année de maternelle, seuls les enfants du groupe test de l'étude de Segers et Verhoeven (2005) dont la première langue acquise (L1) était différente du néerlandais, ont bénéficié de l'entraînement en obtenant des résultats significativement meilleurs dans les tâches de rimes comparés aux enfants bilingues du groupe contrôle. L'étude de Segers et Verhoeven (2004) auprès d'enfants atteints d'un TSLO a montré que prises isolément, les mesures du niveau des habiletés phonologiques n'avaient pas révélé d'amélioration significative de la part du groupe test comparé aux pairs contrôles mais que comptabilisées ensemble, l'effet significatif était présent. Comme l'avaient prévu Plak et son équipe (2015), seuls 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 que l'équipe de Plak ciblant la maîtrise du principe alphabétique à partir de l'écriture du prénom, l'équipe de Van der Kooy-Hofland (2012) a relevé des résultats significativement plus élevés du groupe expérimental comparé au groupe contrôle sur toutes les compétences évaluées (principe alphabétique, habiletés phonologique, écriture de mots simples, reconnaissance de mots écrits).

Si on considère la taille de l'effet, en ce qui concerne les épreuves dont la significativité statistique des résultats des groupes expérimentaux par rapport à ceux du groupe contrôle a été montrée, la taille de l'effet était souvent faible à modérée (entre 0.11 et 0.63). En revanche, dans les études de Hecht et Close (2002) et Segers et Verhoeven (2004) la taille de l'effet est supérieure à 0.80 suggérant une taille de l'effet importante. L'intervention menée par l'équipe de Comaskey (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 de phonétique synthétique ont mieux réussi dans les épreuves de fusion phonémique mais étonnamment pas dans les tâches de segmentation phonémique. Alors que ceux qui ont bénéficié de l'approche phonétique analytique ont obtenu une meilleure progression quant au repérage des rimes.

La puissance de l'étayage parental lors d'une intervention a été évaluée par l'équipe de Schmitt (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.

Quant aux trois études ayant fait une évaluation dite *post hoc* deux à 18 mois après l'apprentissage explicite de la lecture, deux (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 groupes expérimentaux comparés à leurs pairs contrôles. Une taille des effets faible à modérée a été observée pour ces épreuves (0.13 à 0.53). L'étude restante (McLeod et al., 2017) n'a relevé aucune significativité des résultats ainsi qu'une taille de l'effet faible.

Enfin, concernant les mesures de la corrélation entre le temps passé sur un logiciel et les performances réelles de l'enfant lors du post-test, les hypothèses ont été vérifiées. En effet, plus l'enfant a passé de temps sur les jeux d'apprentissage plus ses scores se sont améliorés. (McManis & McManis, 2016; Schmitt et al., 2018; Segers & Verhoeven, 2005).

IV Discussion et conclusion

L'apprentissage de la lecture débute avant l'instruction formelle engagée à l'école primaire. En effet, des compétences précoces concernant les habiletés phonologiques et la maîtrise du principe alphabétique sont nécessaires dès la maternelle. Le développement exponentiel des logiciels informatiques à destination de jeunes enfants et promettant une préparation à l'apprentissage de la lecture nous a questionné sur l'efficacité réelle de ces derniers.

De l'enfant au développement typique, avec ou sans difficultés d'apprentissage apparentes, à l'enfant atteint de troubles du langage, nous avons voulu à travers cette revue systématique de littérature : (1) déterminer quel était l'effet réel des outils informatisés sur les habiletés précoces telles que les prédicteurs de réussite en lecture que constituent les habiletés phonologiques et la compréhension du principe alphabétique, (2) déterminer pour quel type de population ces systèmes informatiques pouvaient être pertinents et efficaces puis, (3) identifier les intérêts et les limites de chaque étude afin d'en faire une synthèse. Pour cela nous avons sélectionné 13 études expérimentales ou quasi-expérimentales à partir de trois bases de données principales (PubMed, ERIC et Science direct) et complété par des articles transmis par nos directeurs de Mémoire ainsi qu'un dépouillement bibliographique des études analysées ou d'articles lus pour nos précédents travaux.

1 Discussion des principaux résultats

Les effets de l'utilisation des outils informatisés afin de stimuler les habiletés phonologiques et/ou le principe alphabétique chez les enfants d'âge préscolaire sont variés selon les études sélectionnées, les habiletés ciblées, la population ainsi que l'entraînement mené. Globalement ces effets sont positifs, mais conclure que les entraînements informatisés en maternelle permettent un meilleur apprentissage du langage écrit, d'après 13 études seulement, semble délicat. En outre, comme mentionné précédemment, seules trois études ont effectué une évaluation à moyen terme après l'apprentissage explicite de la lecture. Pour finir, 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.

En discutant les différents résultats, nous allons ici faire la synthèse des principaux constats effectués par les auteurs à propos de leurs entraînements et des outils informatisés.

1.1 Résistance à l'entraînement

D'une part, pour une même étude, les résultats des sujets du groupe expérimental ont pu se révéler hétérogènes. En effet, certains enfants ont montré une résistance face à l'entraînement proposé alors que certains de leurs pairs du même niveau se sont améliorés. 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). Le programme informatique a alors permis, à ces enfants trop distraits dans un groupe une meilleure canalisation de l'attention et donc une plus grande concentration sur une tâche précise. La disposition génétique expliquerait alors la raison pour laquelle les autres participants du groupe expérimental ont moins bénéficié de l'entraînement. Concernant l'étude de O'Callaghan et al. (2016), 35% du groupe expérimental n'a pas réussi à progresser 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. En effet, la segmentation phonémique était la tâche la moins améliorée et celle-ci était la seule activité du logiciel impliquant à la fois des données auditives et des données visuelles. Comaskey (2009), Hecht et Close (2002), McManis et McManis (2016) ainsi que Segers et Verhoeven (2005) ont expliqué ces différences interindividuelles par un temps d'exposition à l'entraînement plus petit, de ceux qui n'ont pas eu d'amélioration significative, que leurs pairs ayant obtenu de meilleures performances.

D'autre part, Segers et Verhoeven (2005) ont expliqué la faible taille de l'effet de leur entraînement de la connaissance des graphèmes, par l'analyse d'Ehri (2001) selon laquelle la taille de l'effet diminue lorsqu'on entraîne plusieurs habiletés en même temps et qu'il serait ainsi plus efficace de n'entraîner qu'une à deux aptitudes à la fois. Dans cette intervention, les enfants avaient le choix parmi plusieurs jeux proposés. Or, un jeu traitant un aspect de la conscience phonologique, une fois maîtrisé, ne devrait plus être proposé afin de permettre un meilleur approfondissement des autres habiletés. Cependant, le risque relevé est de démobiliser les enfants s'ils ne peuvent pas choisir la tâche qu'ils souhaitent.

1.2 L'étayage de l'entourage

L'efficacité des outils numériques comme support à l'émergence de l'alphabétisation est aussi influencée par l'étayage d'une personne présente dans l'entourage de l'enfant. Celle-ci peut être l'enseignant, l'éducateur, les parents ou comme l'a remarqué Neumann (2018), le camarade de classe. Neumann a d'ailleurs détaillé trois

niveaux d'étayages inspirés de Wood et al. (1976 ; cité dans Neumann, 2018) 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 définit 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 alors la maîtrise des outils et des programmes informatiques proposés par l'adulte encadrant. Par ailleurs, l'importance de l'étayage cognitif est justifiée par le constat de Van der Kooy-Hofland et al. (2011) qui ont remarqué que les enfants en échec lors des jeux proposés se sont moins améliorés que les autres. Dans leur conclusion, Brown et Harmon (2013) ont soulevé 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 ont eu cette même conclusion selon laquelle l'étayage de l'adulte était important et permettait d'amplifier la progression de l'enfant (McManis & McManis, 2016; O'Callaghan et al., 2016).

L'absence d'effet de l'entraînement proposé par l'équipe de McLeod (2017) par rapport à l'enseignement classique, a notamment été expliqué par le fait que l'activité de l'orthophoniste ne se réduise qu'à donner des conseils et objectifs aux éducateurs à propos du déroulement des expérimentations et que ces derniers ne se sont pas toujours beaucoup impliqués. De fait, s'est plutôt posée la question d'inclure les parents comme agents d'intervention efficaces de cet entraînement.

En revanche, l'étude de Schmitt (2018) n'a pas montré la nécessité de l'étayage parental. En effet, l'entraînement s'effectuant à domicile, les parents auraient donc pu apporter un soutien tacite à leurs enfants. Cependant, la plupart des six questionnaires parentaux remplis au cours de l'expérimentation ont révélé que ces parents n'avaient pas souvent pris le temps de s'impliquer. Malgré cette absence d'implication des parents, les enfants ont tout de même pu améliorer certaines des compétences ciblées. Cette amélioration est alors expliquée par le *feedback* et l'interaction proposés par les outils informatisés.

1.3 Les intérêts de l'utilisation de l'outil informatisé

Selon les études sélectionnées pour cette revue Les entraînements informatisés stimulant les compétences précoces en littéracie peuvent alors permettre une meilleure réception des enseignements à l'école ou au quotidien.

L'étude de Mioduser et al. (2001) a intégré, en plus du groupe contrôle, deux groupes expérimentaux : l'un bénéficiant d'un entraînement basé sur ordinateur avec écran tactile ; l'autre bénéficiant du même entraînement sur papier. L'objectif était alors de démontrer qu'un programme basé sur ordinateur permettait d'acquérir de meilleures performances qu'un programme sur papier ou qu'un enseignement classique. L'équipe de Mioduser a ainsi expliqué les performances supérieures du groupe ayant bénéficié du programme informatique par le fait que l'ordinateur soit une interface interactive, pouvant permettre un *feedback* immédiat des actions, une variété des modalités d'apprentissage (exercices, jeux, tutoriels) ainsi qu'une adaptation au niveau de chaque enfant. Par ailleurs, l'équipe de Schmitt (2018) a noté que la dynamique propre aux jeux interactifs a permis aux enfants d'être très impliqués, que le *feedback* correctif leur a permis de s'ajuster et de progresser et que les concepts répétés dans plusieurs jeux renforçaient les connaissances. Les auteurs ont tout de même noté que des recherches supplémentaires devraient être effectuées afin de déterminer quel niveau de répétitions, de *feedback* correctifs et d'interactivité seraient nécessaires pour encore améliorer ce type de jeu. Ces derniers ont aussi relevé, comme Segers et Verhoeven (2005), que les progrès constatés pouvaient être dus au renforcement positif et à la sensation de non-jugement permis par l'outil numérique. Pour finir, ils ont souligné l'importance de proposer des jeux à difficultés progressives afin correspondre à la zone proximale de développement de l'enfant (Vygotsky, 1978) et ainsi favoriser un apprentissage avec des notions de plus en plus complexes et provoquer un sentiment d'autosatisfaction. Dans son étude, Neumann (2018), évoque néanmoins que même si les applications dites interactives sont intéressantes parce qu'elles stimulent l'enfant, il était nécessaire de faire attention à ce qu'elles ne distraient pas trop afin de ne pas l'écartier de l'objectif visé. Par ailleurs, Brown et Harmon (2013), ont basé leur choix d'applications sur le degré d'interactivité de celles-ci et ont constaté que cela n'a pas permis à ce que leur intervention soit plus efficace que l'enseignement classique. Un choix très adapté aux objectifs ciblés semble donc primordial. Cela est confirmé Neumann (2018) pour qui l'entraînement de l'écriture des lettres n'a pas permis de meilleurs résultats lors de la tâche de dictée de lettres réalisée en post-test.

L'absence de *feedback* sonore a été mis en cause. En effet, cela n'a pas permis à l'enfant d'établir de connexions adéquates entre le nom, le son et la forme de la lettre. 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).

L'utilisation de la tablette tactile a permis quelques constats supplémentaires, en effet celle-ci permettrait davantage de respecter la zone proximale de développement, énoncée par Vygotsky (1978), que l'ordinateur. En effet, l'aspect tactile serait plus simple et plus intuitif que l'utilisation d'une souris (Brown & Harmon, 2013; McManis & McManis, 2016; Neumann, 2018).

1.4 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, sept des 13 interventions ont une durée inférieure et seules deux de ces interventions n'ont pas été considérées comme suffisamment efficace. L'une d'entre elles ne montrent aucun effet positif de l'entraînement sur les apprentissages (Brown et Harmon, 2013). Puis, l'autre montre un effet positif mais pas d'améliorations significatives des performances comparé 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 durait 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.

2 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.

2.1 Limites des études

Tout d'abord, les échantillons réduits et l'absence de randomisation lors de la répartition des groupes expérimentaux et contrôles sont deux éléments réduisant la validité et la généralisation des résultats. Même si neuf sur 13 de ces études sélectionnées ont utilisé un modèle d'étude randomisée et contrôlée, le fait que les échantillons soient réduits a limité leur niveau de fiabilité.

Ensuite, aucune de ces études ne concerne la langue française et ses particularités. Même si 12 des 13 articles sont des études basées sur des langues alphabétiques, les unités disponibles précocement et favorisant la conscience phonémique diffèrent selon la langue d'acquisition (Ziegler & Goswami, 2005). La généralisation des interventions aux enfants francophones n'est donc pas totalement possible.

En outre, une des principales limites de cette revue est que 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. Cela peut révéler un biais de comparaison inter-articles 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.

Pour finir, prenons plus spécifiquement les différents groupes contrôles de chaque étude. Alors que certains ont reçu un enseignement classique, d'autres ont bénéficié d'un accès à des activités non-liées aux performances académiques (puzzle, livre électronique) et donc aucun enseignement supplémentaire par rapport aux groupes expérimentaux. À ce titre, nous pouvons tout d'abord nous demander si l'enseignement classique contient les mêmes notions que celles délivrées par l'entraînement informatisé. Ensuite, nous pouvons nous questionner sur la pertinence de comparer un groupe qui ne bénéficie pas d'enseignement classique, mais d'une activité diverse, à un groupe recevant une intervention dans laquelle des habiletés spécifiques sont ciblées et entraînées. En effet, il paraîtrait cohérent de penser que les groupes ayant été entraînés dans le but d'améliorer les habiletés testées par les évaluations post-tests obtiennent de meilleurs scores que le groupe n'ayant pas reçu d'entraînement lié à ces compétences. Ainsi, le meilleur moyen de prouver les effets réels d'un entraînement informatisé sur les apprentissages serait de les comparer avec un entraînement des mêmes concepts par le biais d'un autre outil. Lorsque le groupe contrôle reçoit un enseignement classique, il serait alors pertinent de connaître les détails du contenu de cet enseignement afin de déterminer s'il est comparable à celui transmis au groupe expérimental, ce qui n'est le cas que dans l'une des études de cette revue systématique (McLeod et al., 2017).

2.2 Limites de la revue systématique de littérature

Tout d'abord, l'interrogation de bases de données supplémentaires lors de notre recherche aurait pu permettre un accès à un panel plus large d'articles. D'autre part, le temps limité pour cette recherche d'articles a limité la possibilité d'une veille documentaire adéquate.

3 Perspectives

3.1 Perspectives cliniques

Une seule des études analysées a fait intervenir des orthophonistes. L'initiative de l'étude 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 jeux stimulant les habiletés phonologiques, un espacement des séances ou une attente de prise en soins. L'équipe de McLeod a conclu qu'il était important que ces activités dites de suivi et réalisées par des personnes n'étant pas orthophonistes (parents, enseignants ou éducateurs) devaient être similaires à celles réalisées par l'orthophoniste en séance et donc en accord avec les objectifs thérapeutiques. Segers et Verhoeven (2004), ont conclu de leur expérimentation que les enfants avec des TSLO pouvaient très bien profiter 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 celle-ci est utilisée 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.

3.2 Perspectives de recherche

Les interventions via outils numériques des études analysées dans cette revue visaient majoritairement les enfants jugés à risque de développer des difficultés en lecture dues à leur milieu d'appartenance. D'un point de vue orthophonique, la nomenclature des actes orthophoniques ne comprend pas 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. Or, ce dernier n'est objectivable qu'après quelques mois d'apprentissage explicite de la lecture (vers le CE2) et selon certains critères d'inclusion/exclusion issus du DSM-V (American Psychiatric Association, 2015). Les jeunes bénéficiant de 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 en difficulté ou « jugés à risque », en partie à cause d'un faible niveau d'exposition à l'écrit souvent corrélé à l'origine sociale (milieu défavorisé) et/ou ethnique (situation de bilinguisme). Ces derniers, selon la nomenclature des actes orthophoniques ne rentrent pas dans les critères de prise en soins mais il leur est pourtant souvent précocement recommandé d'effectuer un bilan orthophonique. Quelle part de cette population serait concernée par cette recommandation ? Par qui est-elle effectuée ? Quelle part de cette population est prise en soins en orthophonie suite à ce bilan initial ? Quelle est la durée de cette prise en soins ? Cela pourrait être l'objet d'une analyse des pratiques professionnelles. En outre, ces enfants pourraient faire l'objet d'une action de prévention précoce à l'école, ou à la maison. Celle-ci pourrait être conseillée suite au bilan orthophonique, à un enfant en difficulté pour lequel aucun trouble n'aurait été objectivé ou bien avant même d'effectuer ce bilan, ce qui pourrait réduire les délais d'attente pour une prise en soins orthophoniques. 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 surtout l'outil tactile tel que la tablette semble totalement être adapté et attrayant pour l'enfant parfois déjà en décrochage. Le développement et/ou le test d'une telle application, moyen d'action de prévention précoce, pourrait faire l'objet d'un mémoire de recherche.

Enfin, dans le cadre d'une rééducation orthophonique et donc à destination des enfants porteurs de troubles, la vérification de l'efficacité de l'outil numérique avec des logiciels ayant pour but de stimuler les habiletés phonologiques ou permettre la maîtrise du principe alphabétique chez le jeune enfant, dont les objectifs thérapeutiques ciblent ces habiletés, pourrait être réalisée.

4 Conclusion

Cette présente revue systématique de littérature a permis de recenser les différentes conclusions d'études évaluant les effets d'interventions basées sur ordinateur ou sur tablette tactile chez l'enfant d'âge préscolaire. Les études concernaient principalement

les enfants jugés à risque de développer des difficultés d'acquisition de la lecture, dues à leur milieu socio-économique et/ou ethnique, mais aussi dues à des TDL ou des TSP, de type troubles phonologiques. Une seule d'entre elles concernait l'enfant au développement typique sans difficultés d'apprentissage particulières. Nous l'avons vu : des effets positifs de l'utilisation d'outils informatisés chez les enfants préscolaires pour stimuler les habiletés phonologiques et/ou le principe alphabétique ont été trouvés. Les avantages permis par les outils informatisés pour les enfants pré-lecteurs ont été relevés et justifieraient de plus amples études sur le sujet. En effet, grâce à un contenu personnalisable, l'interactivité via des *feedback* auditifs et visuels pouvant corriger et encourager l'enfant, les logiciels et applications sont en capacité de stimuler l'enfant et ainsi de l'impliquer activement au cours de ses apprentissages. En outre, un programme informatique individualisé, adapté au niveau de l'enfant, en accord avec ce qu'apprend l'enfant en parallèle et avec un étayage actif de l'agent d'intervention permet une amélioration des compétences liées à l'apprentissage du code. Cependant, même si ces constats ne sont pas à négliger pour de futures recherches, ces résultats sont à nuancer : la généralisation de ces études est principalement rendue délicate par de faibles échantillons, un contrôle expérimental réduit, peu d'évaluations à distance ou encore de faibles tailles d'effet. De ce fait, il serait nécessaire d'effectuer plus d'études expérimentales comparant les effets de l'outil informatisé sur les apprentissages liés au code chez les enfants d'âge préscolaire, en les comparant à l'enseignement classique des mêmes notions. Des études longitudinales permettant au moins une mesure à distance après l'apprentissage de la lecture seraient à privilégier. Ce type d'étude appliqué à la langue française mériterait d'être menée en prenant en compte ses caractéristiques. Enfin, d'un point de vue de la recherche clinique en orthophonie, ce type d'étude pourrait être plus largement mené auprès de jeunes enfants avec des TDL ou des TSP. Cela permettrait notamment de justifier l'utilisation des outils informatisés 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 patient.

Références

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* (5ème édition). Elsevier Masson.

Bianco, M., Bressoux, P., Doyen, A.-L., Lambert, E., Lima, L., Pellenq, C., & Zorman, M. (2010). Early Training in Oral Comprehension and Phonological Skills : Results of a Three-Year Longitudinal Study. *Scientific Studies of Reading*, 14(3), 211-246. <https://doi.org/10.1080/10888430903117518>

Bosse, M.-L., & Zagar, D. (2016). La conscience phonémique en maternelle : Etat des connaissances et Proposition d'évolution des pratiques pédagogiques actuelles. *ANAE - Approche Neuropsychologique des Apprentissages Chez L'enfant*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01623137>

*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.

Bruck, M., Genesse, F., & Caravolas, M. (1997). A cross-linguistic study of early literacy acquisition. In *Foundations of reading acquisition and dyslexia : Implications for early intervention* 145-162.

Bus, A. G., & Van IJzendoorn, M. H. (1999). Phonological awareness and early reading : A meta-analysis of experimental training studies. *Journal of Educational Psychology*, 91, 403-414. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.91.3.403>

Castles, A., & Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, 91, 77-111. [https://doi.org/10.1016/S0010-0277\(03\)00164-1](https://doi.org/10.1016/S0010-0277(03)00164-1)

Chabanon, L. (2018). Journée défense et citoyenneté 2018 : Plus d'un jeune Français sur dix en difficulté de lecture. *DEPP - Note d'information*, 4.

Chetail, F., & Mathey, S. (2010). Rôle de la syllabe dans l'apprentissage de la lecture: études en fonction du niveau de lecture. *ANAE. Approche neuropsychologique*

des apprentissages chez l'enfant, 107, 119-124.

Colé, P., Magnan, A., & Grainger, J. (1999). Syllable-sized units in visual word recognition: Evidence from skilled and beginning readers of French. *Applied Psycholinguistics*, 20(4), 507-532.
<https://doi.org/10.1017/S0142716499004038>

*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>

Danon-Boileau, L., & Barbier, D. (2002). *Play-On: Un logiciel d'entraînement à la lecture*. Audivi-Média.

Doignon, N., & Zagar, D. (2006). Les enfants en cours d'apprentissage de la lecture perçoivent-ils la syllabe à l'écrit? *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 60(4), 258-274.
<https://doi.org/10.1037/cjep2006024>

Doignon-Camus, N., & Zagar, D. (2014). The syllabic bridge: The first step in learning spelling-to-sound correspondences*. *Journal of Child Language*, 41(05), 1147-1165.

Duncan, L. G., Colé, P., Seymour, P. H. K., & Magnan, A. (2006). Differing sequences of metaphonological development in French and English. *Journal of Child Language*, 33(2), 369-399. <https://doi.org/10.1017/s030500090600732x>

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>

Ecalte, J., Labat, H., Le Cam, M., Rocher, T., Cros, L., & Magnan, A. (2015). Evidence-based practices to stimulate emergent literacy skills in kindergarten in France: A large-scale study. *Teaching and Teacher Education*, 50, 102-113.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.05.002>

- Écalte, J., & Magnan, A. (2015). *L'apprentissage de la lecture et ses difficultés*. Dunod.
<https://doi.org/10.3917/dunod.ecall.2015.01>
- Ecalte, 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>
- Ehri, L. C. (1995). Phases of development in learning to read words by sight. *Journal of Research in Reading*, 18(2), 116-125. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9817.1995.tb00077.x>
- Ehri, L. C., Nunes, S. R., Stahl, S. A., & Willows, D. M. (2001). Systematic Phonics Instruction Helps Students Learn to Read : Evidence from the National Reading Panel's Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 71(3), 393-447. <https://doi.org/10.3102/00346543071003393>
- Gersten, R., Fuchs, L. S., Compton, D., Coyne, M., Greenwood, C., & Innocenti, M. S. (2016). Quality Indicators for Group Experimental and Quasi-Experimental Research in Special Education: *Exceptional Children*. <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)
- Huot, C., & Parisse, C. (2006). Présentation d'un logiciel de rééducation : Play-On. Consulté à l'adresse <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00091930>
- Jamshidifarsani, H., Garbaya, S., Lim, T., Blazevic, P., & Ritchie, J. M. (2019). Technology-based reading intervention programs for elementary grades : An analytical review. *Computers & Education*, 128, 427-451. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.003>
- Labat, H., Farhat, S.-L., Andreu, S., Rocher, T., Cros, L., Magnan, A., & Ecalte, J. (2013). Évaluation des connaissances précoces prédictives de l'apprentissage de la lecture en grande section de maternelle. *Revue française de pédagogie*.

Recherches en éducation, 184, 41-54. <https://doi.org/10.4000/rfp.4219>

- Labat, H., Magnan, A., & Écalle, J. (2011). Effet d'une exploration multisensorielle séquentielle orientée sur le développement de la compréhension du principe alphabétique chez les enfants de 5 ans faibles connaisseurs de lettres. *L'Année psychologique*, Vol. 111(4), 641-671. <https://doi.org/10.4074/S0003503311004027>
- 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*. 30. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Liberman, I. Y., Shankweiler, D., Fischer, F. W., & Carter, B. (1974). Explicit syllable and phoneme segmentation in the young child. *Journal of Experimental Child Psychology*, 18(2), 201-212. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(74\)90101-5](https://doi.org/10.1016/0022-0965(74)90101-5)
- MacLeod, A. A. N., Sutton, A., Trudeau, N., & Thordardottir, E. (2011). The acquisition of consonants in Québécois French : A cross-sectional study of pre-school aged children. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 13(2), 93-109. <https://doi.org/10.3109/17549507.2011.487543>
- Maïonchi-Pino, N., de Cara, B., Écalle, J., & Magnan, A. (2012). Are French dyslexic children sensitive to consonant sonority in segmentation strategies? Preliminary evidence from a letter detection task. *Research in Developmental Disabilities*, 33(1), 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.07.045>
- Maïonchi-Pino, N., Magnan, A., & Écalle, J. (2010a). The nature of the phonological processing in French dyslexic children : Evidence for the phonological syllable and linguistic features' role in silent reading and speech discrimination. *Annals of Dyslexia*, 60(2), 123-150. <https://doi.org/10.1007/s11881-010-0036-7>
- Maïonchi-Pino, N., Magnan, A., & Écalle, J. (2010b). Syllable frequency effects in visual word recognition : Developmental approach in French children. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 31(1), 70-82. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2009.08.003>

- Mathey, S., Zagar, D., Doignon, N., & Seigneuric, A. (2006). The nature of the syllabic neighbourhood effect in French. *Acta Psychologica*, 123(3), 372-393. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2006.02.003>
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An interactive activation model of context effects in letter perception: I. An account of basic findings. *Psychological Review*, 88(5), 375–407. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375>
- *McLeod, S., Baker, E., Atwater, J., Wren, Y., Roulstone, S., Crowe Kathryn, 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>
- *Mioduser, D., Tur-Kaspa, H., & Leitner, I. (2001). The learning value of computer-based instruction of early reading skills: 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., & Group, T. P. (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), 1. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Morais, J., Cary, L., Alegria, J., & Bertelson, P. (1979). Does awareness of speech as a sequence of phones arise spontaneously? *Cognition*, 7(4), 323-331. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(79\)90020-9](https://doi.org/10.1016/0010-0277(79)90020-9)

- *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., Mclvor, 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>
- Pila, S., Aladé, F., Sheehan, K. J., Lauricella, A. R., & Wartella, E. A. (2019). Learning to code via tablet applications : An evaluation of Daisy the Dinosaur and Kodable as learning tools for young children. *Computers & Education*, 128, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.006>
- *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>
- Prinzmetal, W., Treiman, R., & Rho, S. H. (1986). How to see a reading unit. *Journal of memory and language*, 25(4), 461–475.
- Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P. H. T., Poikkeus, A.-M., Tolvanen, A., Torppa, M., & Lyytinen, H. (2008). Developmental Links of Very Early Phonological and Language Skills to Second Grade Reading Outcomes : Strong to Accuracy but Only Minor to Fluency. *Journal of Learning Disabilities*, 41(4), 353-370. <https://doi.org/10.1177/0022219407311747>
- Ruiz, J.-P., Lassault, J., Sprenger-Charolles, L., Richardson, U., Lyytinen, H., & Ziegler, J. C. (2017). *GraphoGame : Un outil numérique pour enfants en difficultés d'apprentissage de la lecture*. 13. Consulté à l'adresse <https://hal-amu.archives-ouvertes.fr/hal-01909660>
- *Schmitt, K. L., Hurwitz, L. B., Sheridan Duel, 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: Computer training of phonological awareness. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(1), 17-27. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00107.x>
- Stanovich, K. E. (1992). Speculations on the causes and consequences of individual differences in early reading acquisition. In *Reading acquisition* 307-342. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Treiman, R., & Zukowski, A. (1991). Levels of phonological awareness. In *Phonological processes in literacy: A tribute to Isabelle Y. Liberman* 67-83. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- *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>
- Vygotsky, L. S. (1978). Zone of proximal development: A new approach. *Mind in society: The development of higher psychological processes*, 84–91.
- Ziegler, J. C. (2018). Différences inter-linguistiques dans l'apprentissage de la lecture. *Langue française*, 199(3), 35-49. <https://doi.org/10.3917/lf.199.0035>
- 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>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>

Annexes

Annexe A : Bases de données et modalités d'interrogation.....	II
Annexe B : Synthèse des résultats de la recherche bibliographique.....	III
Annexe C : Robustesse des études (1).....	IV
Annexe D : Robustesse des études (2)	V
Annexe E : Analyse qualitative des articles publiés.....	VI
Annexe F : Tableau de renseignements – Caractéristiques des études.....	VII

Annexe A : Bases de données et modalités d'interrogation.

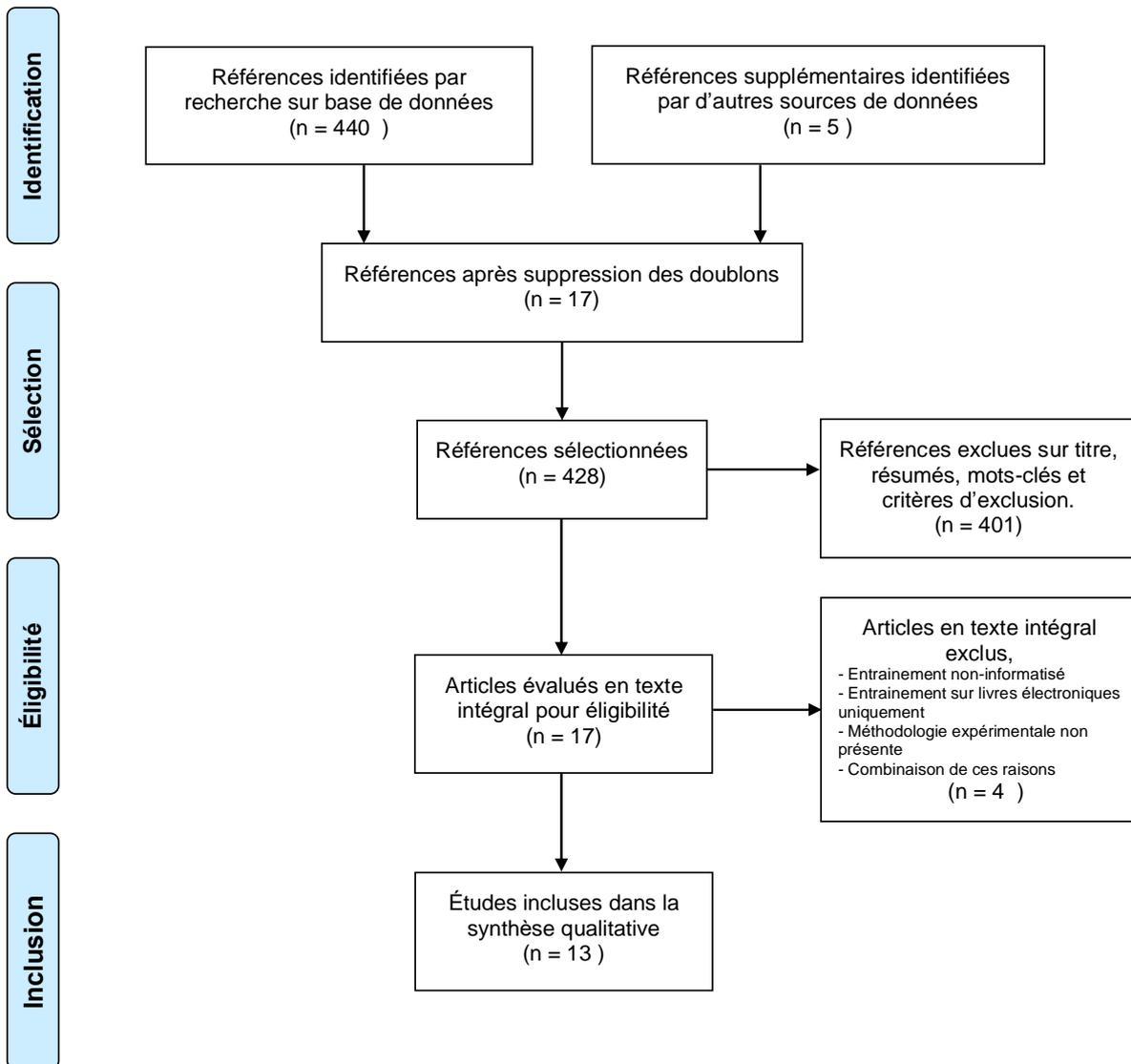
Bases de données	Domaine	Champ	Équation de recherche	Filtres
<i>PubMed</i> (<i>anglais</i>)	Sciences biomédicales et de la santé.	Title/abstract	((Literacy[Title/Abstract] OR emergent literacy[Title/Abstract] OR literacy skills[Title/Abstract]) AND (computer[Title/Abstract] OR tablet[Title/Abstract] OR digital tool[Title/Abstract] OR software[Title/Abstract] OR app[Title/Abstract])) AND (kindergarten[Title/Abstract] OR kindergarten children[Title/Abstract] OR kindergartners[Title/Abstract] OR preschool[Title/Abstract] OR early childhood[Title/Abstract]) AND (intervention[Title/Abstract] OR training[Title/Abstract] OR learning[Title/Abstract])	Langue (français et anglais) MeSH Terms Année
<i>ScienceDirect</i> (<i>Anglais</i>)	Sciences techniques, sociales, biomédicales et de la santé.	Title/Abstract/Key-words	(« emergent literacy » OR « literacy skills ») AND (computer OR tablet OR « digital tool ») AND (preschool OR « kindergartner children ») AND (intervention OR training)	Research articles
<i>ERIC</i> (<i>Anglais</i>)	Ressources éducatives	Abstract	abstract:(Literacy OR « emerging literacy » OR « literacy skills ») AND (computer OR tablet OR « digital tool » OR software OR app) AND (« kindergarten children » OR preschool) AND (intervention OR training OR learning)	Journal articles Research articles Kindergarten
<i>Glossa</i> (<i>Français</i>)	Données orthophoniques.	Titre et mots-clés	Littéracie « outil informatisé » préscolaire intervention	Aucun

Annexe B : Synthèse des résultats de la recherche bibliographique

Diagramme de flux - PRISMA 2009



PRISMA 2009 Flow Diagram



Annexe C : Robustesse des études (1)

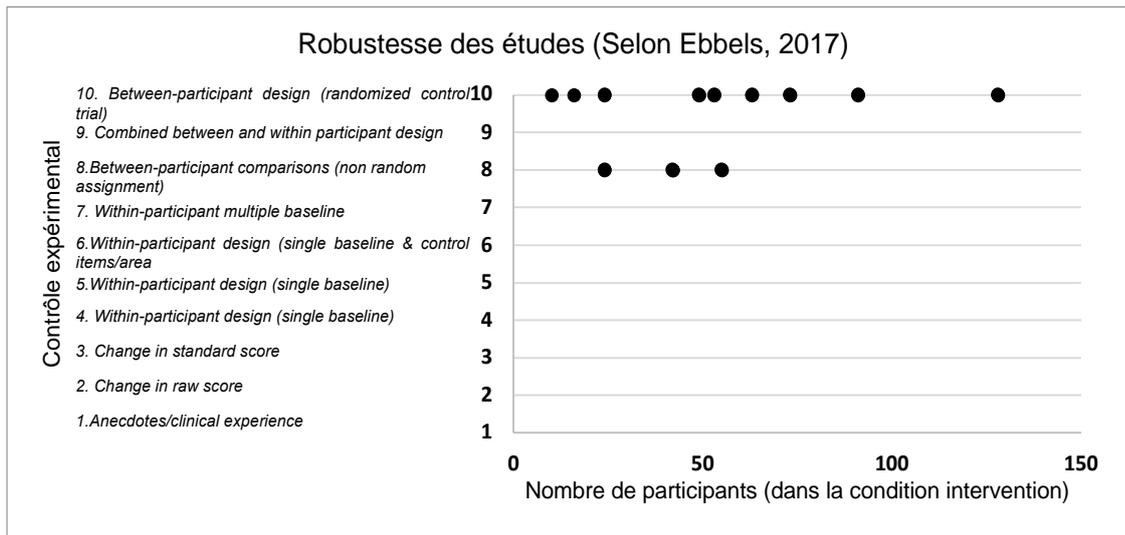


Figure 1: Robustesse des études (Selon Ebbels, 2017)

Annexe D : Robustesse des études (2)

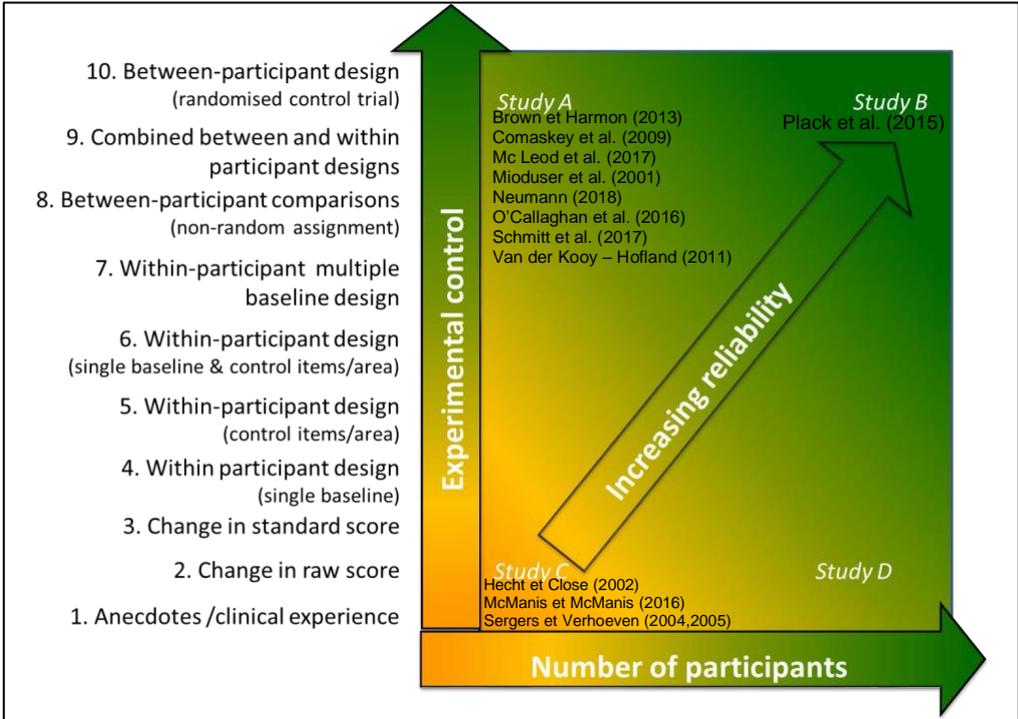


Figure 2 : Robustesse des études (Selon Ebbels, 2017)

Annexe E : Analyse qualitative des articles publiés.

Qualité des études selon les critères de Gertsen et al. (2005)

	Brown et Harmon (2013)	Comaskey et al. (2009)	Hecht et Close (2002)	McManis et al. (2016)	McLeod et al. (2017)	Neumann (2018)	Miduser 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-Holland et al. (2012)	
Indicateurs essentiels	Description des participants (sur 3 points)	2,33	2,67	2,67	2,67	3	2,67	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	2,67	3	2,67	2,67	3	
	Mesure des résultats (sur 3 points)	2	2,5	2,5	3	3	3	2,5	3	3	2,5	2,5	2,5	
	Analyse des données (sur 3 points)	2,5	3	3	3	3	3	2,5	3	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	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	
	Fiabilité de cohérence interne, de test-retest, interévaluateurs	Non	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	Oui	
	Effets de l'intervention mesurés à distance	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	
	Données de validité fournies	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	
	Nature de l'instruction dans la condition de comparaison documentée	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
	Extraits audio ou vidéo	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					X	X							

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

Annexe F : Tableau de renseignements – Caractéristiques des études (1)

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 classroom</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 (30mn) habiletés lecture 30 min 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 ciblés 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 Kindergarten 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 métaphonologiq ues /épiphonologique s/phonologique	Evaluation 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 to phonemic awareness training in disadvantaged kindergartners</i>	Étude de groupe quasi-expérimentale	Preventing reading failure : Phonological awareness, Phonic 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 d l'écriture des lettres, lexique, lecture de mots simples	Améliorations significatives comparé au 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.

Tableau de renseignements – Caractéristiques des 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
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 moyen = 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 que l'enseignement classique. Mais amélioration des deux groupes dans toutes les performances.
McManis et McManis (2016)	<i>Using a Touch-Based, Computer-Assisted Learning System to Promote Literacy and Math Skills for Low-Income Preschoolers</i>	Étude quasi-expérimentale	computer-assisted, touch-based, instructional technology, literacy, 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 comparé au groupe expérimental comparé au groupe contrôle. Corrélation temps passé sur le jeu / performances
Moduser 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, Pre-literacy, school, Reading, Special education	N=46 ; âge : 5-6a ; langue parlée : hébreux ; enfants avec difficultés d'apprentissage.	?	Programme "I have a dream I can read" : reconnaissance de lettres et mots. (2 groupe expérimentaux : un sur ordinateur et un sur papier)	Enseignement classique	Habiletés phonologique, reconnaissance des mots écrits, dénomination des lettres	Performances significativement supérieures pour le groupe expérimental pour les 3 habiletés.

Tableau de renseignements – Caractéristiques des 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
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 : 2-5a ; langue évaluée : anglais (Australie), enfants au développement typique	9 semaines ; 30 minutes par semaine	3 applications : Endless Alphabet : connaissance des lettres (son et nom) ; Letter School : reconnaissance et tracé de lettre ; 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 par 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.

Tableau de renseignements – Caractéristiques des 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
Plack et al. (2015)	<i>Genetic differential literacy-delayed children: A randomized controlled trial on emergent literacy in kindergarten</i>	Étude contrôlée et randomisée		N = 257 (2 groupes expérimentaux - 2 groupes contrôle) ; âge moyen = 5.6a ; langue évaluée : néerlandais ; enfants considérés à risque de développer des difficultés d'apprentissage - certains possédant le gène encodant le salivaire au milieu de l'intervention ; ces enfants auraient plus de bénéfice de l'entraînement informatisé)	7-8 semaines - 2 fois / 15 minutes / semaines	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	Ecriture 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 4 et 6ans ; langue parlée : anglais (USA) ; issus de ménage à moyen ou bas revenus.	8 semaines ; 15 minutes 4 fois / semaine	Site web "PBS Kids island" Connaissance des lettres, conscience phonémique et phonologique, lexique, identification de mots écrits	Accès 1h par semaine à des sites web proposant des jeux de type puzzle.	Connaissance des lettres (son et nom), habiletés phonologiques, épiphonologiques, lexique	Améliorations significatives du groupe expérimental comparé au groupe contrôle pour : l'identification graphémique, 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.

Tableau de renseignements – Caractéristiques des 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
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 troubles 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 n'est pas le néerlandais	1 année académique, 35 semaines effectives : 15 minutes / semaines sauf les 10 dernières semaines = 45 minutes / s	Logiciels conçus à but éducatifs : connaissance des lettres, reconnaissance de mots écrits, segmentation phonémique.	Jeux sur ordinateurs : histoires, jeux sur les formes.	Habiletés phonologiques : rimes/segmentations /combinaison ; Habiletés en lecture : connaissance des graphème, 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 post hoc 4 mois après l'apprentissage explicite 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 a sub-sample of kindergarten children 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 lecture au vu de l'évaluation	15 semaines, 15 minutes par 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 : conscience phonologique, reconnaissance de mots écrits, écriture de petits mots simples. Évaluation lecture-orthographe post hoc après 18 mois d'apprentissage explicite de la lecture = meilleurs résultats pour le groupe expérimental

