

Université de Montréal

**FACTEURS COGNITIFS LIÉS À L'ACQUISITION
DU LEXIQUE ORTHOGRAPHIQUE**

par

Brigitte Stanké

Sciences Biomédicales

Faculté de Médecine

Thèse présentée à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de doctorat
en Sciences Biomédicales
Option Orthophonie

Juin 2009

© Brigitte Stanké, 2009

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Cette thèse intitulée :

**FACTEURS COGNITIFS LIÉS À L'ACQUISITION
DU LEXIQUE ORTHOGRAPHIQUE**

présentée par :
Brigitte Stanké

a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes :

Sven Joubert, président-rapporteur

Bernadette Ska, directeur de recherche

Natacha Trudeau, membre du jury

Sylvianne Valdois, examinateur externe

Phaedra Royle, représentant du doyen de la FES

Résumé

La présente thèse a pour objectif d'étudier le rôle des facteurs cognitifs (traitement phonologique et visuoattentionnel et mémoire lexicale orthographique) dans l'acquisition des connaissances orthographiques implicites et explicites. Afin d'examiner les liens entre les différents facteurs cognitifs et les connaissances orthographiques, une étude longitudinale a été réalisée à l'aide d'un échantillon de 338 enfants suivis de la maternelle 5 ans à la fin de la deuxième année du primaire. À la fin de la maternelle, les enfants ont été évalués à l'aide d'une épreuve d'orthographe approchée et d'épreuves évaluant les facteurs cognitifs en jeu dans l'apprentissage du langage écrit (traitement phonologique, traitement visuoattentionnel et mémoire à court et à long terme). Les connaissances lexicales orthographiques explicites de ces mêmes enfants ont été évaluées en fin de première et de deuxième années.

Le premier article de cette thèse rapporte les données d'une étude réalisée auprès des enfants scolarisés en maternelle 5 ans. Cette étude vise l'établissement d'un lien entre, d'une part, la capacité de traitement phonologique, visuoattentionnel et de mémoire lexicale orthographique et, d'autre part, les connaissances orthographiques implicites des enfants qui n'ont pas encore eu d'enseignement formel de l'écriture. Les résultats indiquent que, contrairement à ce qui a été longtemps avancé, la capacité de traitement phonologique n'est pas le seul facteur cognitif à intervenir, puisque la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme ainsi que la capacité visuoattentionnelle contribuent de façon importante et indépendante à l'acquisition des connaissances orthographiques implicites des enfants de la maternelle 5 ans. La mémoire lexicale orthographique est même le facteur qui apporte la plus forte contribution.

La deuxième étude de cette thèse vise à déterminer, parmi les facteurs cognitifs évalués en maternelle, celui ou ceux qui permettent de prédire les connaissances orthographiques explicites ultérieures, c'est-à-dire celles de première et de deuxième années du primaire. Les résultats de cette deuxième étude indiquent que les préalables nécessaires à l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales sont les capacités de traitement phonologique ainsi que les capacités de la mémoire à court et à long terme.

La troisième étude de cette thèse a pour but de mettre en lumière le rôle prédictif que joue le niveau des connaissances orthographiques des enfants de maternelle quant au niveau ultérieur de leurs connaissances orthographiques en première et deuxième années,

en lien avec les capacités cognitives qui sous-tendent l'apprentissage du langage écrit, en particulier le traitement phonologique, le traitement visuoattentionnel et la mémoire lexicale orthographique. Les résultats de cette dernière étude permettent de montrer que, parmi les facteurs évalués en maternelle, le niveau des connaissances orthographiques implicites apporte une contribution unique à l'ensemble du niveau des connaissances orthographiques ultérieures. L'influence des connaissances orthographiques précoces sur l'acquisition ultérieure n'est pas surprenante. En effet, la première étude avait montré que le niveau de ces connaissances est fonction non seulement de la capacité de mémoire orthographique lexicale mais également de la capacité de traitement phonologique et visuoattentionnel.

Les résultats issus de ces trois études présentent un intérêt non négligeable dans la compréhension de l'acquisition du langage écrit. En effet, ces recherches ont permis de montrer qu'avant même l'apprentissage formel de l'écrit, l'enfant témoigne de connaissances implicites non négligeables sur la langue écrite et que c'est à partir de ces connaissances que s'élaboreront ses connaissances explicites ultérieures. Ces connaissances sont tributaires de multiples facteurs parmi lesquels la capacité de mémoire lexicale orthographique, facteur cognitif dont la contribution n'avait pas été démontrée jusqu'à présent.

Les résultats de cette recherche montrent qu'il est possible d'envisager des outils de dépistage précoce qui permettront d'identifier les enfants à risque de présenter des difficultés spécifiques d'apprentissage du langage écrit. Ce dépistage permettrait de mettre en place des interventions mieux ciblées et précoces, ce qui réduirait ainsi l'impact des difficultés sur les apprentissages scolaires.

Mots-clés : mémoire lexicale, traitement phonologique, traitement visuoattentionnel, orthographe approchée, acquisition de l'orthographe, connaissances lexicales orthographiques

Abstract

The objective of the present thesis was to study the relation between cognitive factors (phonological treatment, visuo-attentional and lexical orthographic memory) and the acquisition of implicit and explicit orthographic knowledge. A longitudinal study was conducted on a sample of 338 children from the kindergarten to their second year of primary schooling. At the end of kindergarten, the tasks were an invented spelling test and tests assessing the cognitive factors at issue in the apprenticeship of written speech (phonological treatment, visuo-attentional treatment and short and long term memory). The lexical explicit orthographic knowledge of these same children was evaluated at the end of their first and second year of school.

The objective of the first study was to establish a link between the phonological treatment, visuo-attentional and orthographic lexical memory abilities and implicit orthographic knowledge of the children, before their formal apprenticeship of written speech. The results showed that, contrary to what was long been advanced, the phonological treatment is not the only cognitive factor into play since the long term orthographic lexical memory ability as well as the visuo-attentional ability properly and independently contribute to the acquisition of orthographic knowledge. The orthographic lexical memory is the factor which provides the strongest contribution.

The aim of the second study was to determine which cognitive factors assessed in kindergarten predict the subsequent explicit orthographic knowledge in first and second grades. The results showed that the necessary conditions to the acquisition of lexical orthographic knowledge are phonological treatment ability, as well as short and long term memory abilities.

The goal of third article was to bring to light the predictive role played by the spelling knowledge of kindergarten children to their orthographical knowledge in first and second grades, in connection with the cognitive abilities which are at the root of the apprenticeship of the written spelling, more particularly the phonological treatment, the visuo-attentional treatment and orthographic lexical memory. The regressive analyses showed that, among the factors investigated in kindergarten, the implicit orthographical knowledge brings a unique contribution to the subsequent spelling knowledge evaluated by different orthographic tasks in first and second grades. The important impact of early orthographical knowledge on the subsequent acquisition is not surprising because the first

study proved that this knowledge is not only depending on the capability of lexical orthographical memory but also on the capability of phonological treatment.

The results coming from those three articles present a non-negligible interest in the understanding of the acquisition of the written speech. Indeed, these studies permitted to prove that, even before the formal apprenticeship of the writing, the child shows a genuine implicit knowledge of the written language. Moreover, and it is from this knowledge that the subsequent explicit knowledge will be built up. This knowledge is dependent upon multiple factors among which are the ability of orthographic lexical memory, a cognitive factor whose contribution was not yet proven.

The results of this research showed that it is possible to consider early screening measures in order to identify children susceptible to present specific apprenticeship difficulties in the written language. This screening would allow an early and better targeted intervention, which would then reduce the impact of difficulties on the academic apprenticeships.

Keywords: spelling acquisition, lexical orthographic knowledge, lexical spelling, lexical memory, invented spelling, phonological awareness, visuo-attentional processing

Table des matières

Liste des tableaux	x
Liste des figures	xii
Liste des sigles, des acronymes et des abréviations	xiii
Introduction générale	19
1. Introduction	19
2. Contexte théorique et position du problème	22
2.1. Le système d'écriture du français	22
2.2. Modèles théoriques de l'acquisition du langage écrit	25
2.3. Hypothèses portant sur les facteurs liés à l'acquisition du langage écrit	35
3. Objectif général et hypothèse	41
4. Méthodologie	42
4.1. Approche méthodologique	42
4.2. Participants	42
4.3. Épreuves et procédure expérimentale	43
5. Bibliographie	47
Article 1 : Le rôle de la mémoire lexicale orthographique dans l'acquisition des connaissances orthographiques des enfants de maternelle 5 ans	52
1. Introduction	53
2. Méthodologie	58
2.1. Participants	58
2.2. Matériel	59
2.3. Procédure expérimentale	64
3. Résultats	64
3.1. Résultats de l'épreuve mesurant les connaissances lexicales orthographiques	64
3.2. Résultats des épreuves mesurant les facteurs cognitifs	65
4. Discussion et conclusion	70
5. Bibliographie	75

Article 2: The Role of Lexical Orthographic Short- and Long-Term Memory in Conventional Spelling Performance: A Longitudinal Study 88

1. Introduction.....	89
2. Method	95
2.1. Participants.....	95
2.2. Tests and Materials	96
3. Results.....	103
3.1. Kindergarten Measures	104
3.1.1. <i>Orthographic Knowledge</i>	104
3.2. First Grade Measures	105
3.3. Correlations between Predictor Measures in Kindergarten and Performance on Spelling Tasks in First Grade.....	108
3.4. Correlations between Memory and Spelling Measures in First Grade	111
3.5. Kindergarten-Age Predictors of Spelling Accuracy in First Grade	113
3.6. First Grade Predictors of Spelling Accuracy	116
3.6.1. Phonological Spelling Accuracy	116
3.6.2. Conventional Spelling Accuracy	117
4. Discussion and conclusion	118
5. Appendix.....	125
5.1. Stimuli Tested in Kindergarten	125
5.2. Stimuli Tested in First Grade	125
6. References.....	126

Article 3 : Effets prédictifs des connaissances orthographiques implicites chez les enfants de 5 ans sur leurs connaissances explicites ultérieures..... 132

1. Introduction.....	133
2. Méthodologie	143
2.1. Participants.....	143
2.2. Épreuves.....	144
2.3. Procédure expérimentale de maternelle, de première et de deuxième année.....	150
3. Résultats	152
3.1. Statistiques descriptives	152

4. Discussion et conclusion.....	170
5. Bibliographie.....	176
Discussion générale et conclusion	181
Bibliographie.....	187

Liste des tableaux

Introduction

Tableau 1. Déroulement des différentes études et épreuves.....	45
---	-----------

Article 1

Tableau 1. Moyennes et écarts types des scores obtenus à l'épreuve de connaissances lexicales orthographiques et de traitement phonologique et visuo-attentionnel, de mémoire lexicale orthographique à court et à long terme.....	66
Tableau 2. Comparaison des moyennes de mémoire lexicale à court et à long terme.	67
Tableau 3. Corrélations entre les scores aux épreuves de connaissances orthographiques, de traitement phonologique et visuoattentionnel, de mémoire lexicale à court et à long terme.....	69
Tableau 4. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas à pas) où la variable dépendante est les connaissances lexicales orthographiques	70

Article 2

Table 1. Characteristics of the Kindergarten Sample	107
Table 2. Characteristics of the First Grade Sample.....	108
Table 3. Correlations between Kindergarten Predictors and Measures of Spelling Tasks in First Grade	110
Table 4. Correlations between Measures of Memory and of Spelling Tasks in First Grade.....	112
Table 5. Stepwise Regression Equations Predicting Phonological Spelling Performance from Kindergarten Factors.....	114
Table 6. Stepwise Regression Equations Predicting Conventional Spelling Performance from Kindergarten Factors.....	115
Table 7. Stepwise Regression Equations Predicting Phonological Spelling Performance from First Grade Factors.....	116
Table 8. Stepwise Regression Equations Predicting Conventional Spelling Performance from First Grade Factors.....	117

Article 3

Tableau 1. Épreuves utilisées en fonction des trois étapes de l'expérimentation.....	151
Tableau 2. Moyennes et écarts types des scores obtenus à l'épreuve de connaissances orthographiques, de traitement phonologique et visuoattentionnel, ainsi que de mémoire lexicale orthographique à court et à long terme.....	153
Tableau 3. Connaissances orthographiques de première et deuxième année	155
Tableau 4. Effet du groupe classe en maternelle sur l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales en première et en deuxième année	156
Tableau 5. Corrélations entre les mesures de maternelle et les épreuves de connaissances orthographiques de première année.....	160
Tableau 6. Corrélations entre les mesures de maternelle et les épreuves et les épreuves de connaissances orthographiques de deuxième année	162
Tableau 7. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques lexicales (production de mots) de première année à partir des mesures de maternelle.....	164
Tableau 8. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques lexicales (production de mots) de deuxième année à partir des mesures de maternelle.....	165
Tableau 9. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques homophoniques (identification mot-images) de première année à partir des mesures de maternelle	166
Tableau 10. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques homophoniques (identification mot-images) de deuxième année à partir des mesures de maternelle	167
Tableau 11. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques (identification image-mots) de première année à partir des mesures de maternelle.....	168
Tableau 12. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques (identification image-mots) de deuxième année à partir des mesures de maternelle.....	169
Tableau 13. Contribution spécifique et significative des mesures de maternelle sur le niveau des connaissances orthographiques ultérieures	170

Liste des figures

Article 2

Figure 1. Example of lexical orthographic kindergarten LTM task..... 106

Article 3

Figure 1. Comparaison du niveau des connaissances orthographiques lexicales évalué à partir d'une épreuve de production (COLP) en fonction du groupe auquel a appartenu l'enfant en maternelle et du niveau scolaire. 157

Figure 2. Évolution des connaissances orthographiques entre la première et la deuxième année 158

Liste des sigles, des acronymes et des abréviations

Introduction

ACV : Ans, Carbonnel et Valdois

AFVM : Aire de la forme visuelle des mots

ANLCI : Agence nationale de lutte contre l'illettrisme

CE2 : Cours élémentaire 2

EIACA : Enquête internationale sur l'alphabétisation et les compétences des adultes

EICL : Enquête internationale sur les compétences en lecture

FVM : Forme visuelle des mots

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

Article 1

AFVM : Aire de la forme visuelle des mots

ANOVA : Analyse de la variance

CLO : Connaissances lexicales orthographiques

CT : Court terme

CV : consonne voyelle

ÉOLE : Échelle d'acquisition en orthographe lexicale

FVM : Forme visuelle des mots

IRMf : Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

LT : long terme

m : Moyenne

Ms : Mémoire visuo-spatiale

Mv : Mémoire visuelle

Mva : Mémoire visuo-associative

Mvq : Mémoire visuo-séquentielle

T : test de T de Student

TP : Traitement phonologique

TVA : Traitement visuo-attentionnel

Article 2

ANOVA: Analysis of Variance

CS: Conventional Spelling accuracy score

CV: Consonant vowel

CVC : Consonant vowel consonant

ÉOLE : Échelle d'acquisition en orthographe lexicale

LTM: Long-Term Memory score

MANOVA : Multivariate Analysis of Variance

PA: Phonological Awareness score

PCS: Partial Conventional Spelling accuracy score

PPS: Partial Phonological Spelling accuracy score

PS: Phonological Spelling accuracy score

STM: Short-Term Memory

v: Visual memory mechanism

VA: Visuo-attentional traitment

va: Visuo-associative memory mechanism

vs: Visuo-spatial memory mechanism

vq: Visuo-sequential memory mechanism

VWFA: Visual word form area

Article 3

AFVM : Aire de la forme visuelle des mots

ANOVA : Analyse de la variance

CO : Connaissances orthographiques

COH : Connaissances orthographiques homophoniques

COLi : Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une épreuve d'identification

COLp : Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une épreuve de production

CT : Court terme

CV : Consonne voyelle

CVC : Consonne voyelle consonne

ÉOLE : Échelle d'acquisition en orthographe lexicale

FVM : Forme visuelle des mots

IRMf : Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

m : Moyenne

MCT : Mémoire à court terme

MLT : Mémoire à long terme

TP : Traitement phonologique

TVA : Traitement visuo-attentionnel

v : Mécanisme visuel

va : Mécanisme visuo-associatif

vq : Mécanisme visuo-séquentiel

vs : Mécanisme visuo-spatial

1COH : Connaissances orthographiques homophoniques de première année

1COLi : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

1COLp : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve de production

2COH : Connaissances orthographiques homophoniques de deuxième année

2COLi : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

2COLp : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve de production

*À mes fils, Julian et Romain
ainsi qu'à
Christopher*

Remerciements

Mes sincères remerciements à Bernadette Ska de m'avoir donné la possibilité de réaliser un grand rêve, celui d'avoir pu apporter ma mince contribution à l'avancement de la science. Je lui suis profondément reconnaissante pour l'intérêt et la bienveillance qu'elle a manifestés tout au long de cette recherche.

Mes sincères remerciements aux enfants, parents, enseignants, orthopédagogues et orthophonistes, sans lesquels la recherche n'aurait pu voir le jour :

Francine Dumas, Commission scolaire de Premières-Seigneuries

Laura Patat, Conseil scolaire de district catholique Centre-Sud

Nicole Beauvilliers, orthopédagogue, Commission scolaire Des Chênes

Francine Borduas, orthophoniste, Commission scolaire Des Patriotes

Josée Côté, orthopédagogue, Commission scolaire Des Trois-Lacs

Linda Girard, orthopédagogue, Commission scolaire Des Trois-Lacs

Marie Goudreau, orthopédagogue, Commission scolaire Des Trois-Lacs

Manon Latour, orthopédagogue, Commission scolaire de la Seigneurie des Mille-Îles

Céline Leroux, orthopédagogue, Commission scolaire des Patriotes

Ginette Marchand, orthopédagogue, Commission scolaire l'Or et des Bois

France Marcoux, orthopédagogue, Commission scolaire des Découvreurs

Katherine Miklis, orthophoniste, Commission scolaire des Patriotes

Mes sincèrement remerciement à l'Équipe de recherche en littéracie et inclusion (ÉRLI) de l'Université du Québec en Outaouais, plus particulièrement à André Moreau. Vous avez ma profonde gratitude pour votre précieux appui.

Ma profonde gratitude à Marie-Françoise Vaillant pour son aide pour la traduction anglaise de l'article 2 et son soutien au quotidien.

Ma profonde reconnaissance à Janine Flessas pour sa grande disponibilité et ses précieux conseils.

À la formidable équipe d'informaticiens de l'Institut de recherche gériatrique de Montréal (**Joanne Landry**, Marcello Sequeira, Marc Filatéros et Dominic Beaulieu), vous avez toute ma reconnaissance pour l'aide que vous m'avez apportée tout au cours de ce très long fleuve pas tranquille.

Mes remerciements à Francine Giroux pour son appui moral et statistique !

Ma gratitude à Pascal Lefebvre pour sa précieuse aide technique. Merci Pascal d'être toujours au bout du fil !

Mes remerciements aux étudiantes de l'école d'orthophonie de l'UDM et du département des sciences de l'éducation de l'UQO qui ont collaboré à certaines étapes de cette très très très longue recherche.

Mes remerciements également à mes compagnons de route, Sophie Chesneau, Louise Deschenes et Kenneth Southall, pour vos encouragements.

Finalement, je tiens à remercier de tout mon cœur mon conjoint pour sa présence, son bonheur facile, son soutien, sa compréhension et son immense patience. Capitaine, le temps s'est adouci, nous allons pouvoir reprendre la mer en toute quiétude !

Introduction générale

1. Introduction

Plus de 60 ans après que la première *Loi sur l'instruction publique* ait été votée, il y a toujours un pourcentage important d'analphabètes au Canada et dans le monde.

« L'alphabétisme est la capacité d'identifier, de comprendre, d'interpréter, de créer, de communiquer et de calculer en utilisant des matériels imprimés et écrits associés à des contextes variables. Il suppose une continuité de l'apprentissage pour permettre aux individus d'atteindre leurs objectifs, de développer leurs connaissances et leur potentiel et de participer pleinement à la vie de leur communauté et de la société tout entière (Définition de la littéracie (ou littératie) convenue dans le cadre d'une réunion organisée en juin 2003 par l'Institut pour l'éducation, la Section de l'éducation de base et l'Institut de statistique de l'UNESCO [ISU]) (UNESCO, 2008).»

L'illettrisme, ou analphabétisme fonctionnel (UNESCO, 2008), se distingue de l'analphabétisme selon que la personne ait été ou non scolarisée.

L'Agence nationale de lutte contre l'illettrisme (ANLCI) qualifie l'illettrisme comme étant

« [...] la situation de personnes de plus de 16 ans qui, bien qu'ayant été scolarisées, ne parviennent pas à lire ou à comprendre un texte portant sur des situations de leur vie quotidienne et/ou ne parviennent pas à écrire pour transmettre des informations simples. Pour certaines personnes, ces difficultés en lecture et écriture peuvent se combiner, à des degrés divers, avec une insuffisante maîtrise d'autres compétences de base comme la communication orale, le raisonnement logique, la compréhension et l'utilisation des nombres et des opérations, la prise de repères dans l'espace et dans le temps, etc.

Malgré ces déficits, les personnes en situation d'illettrisme ont acquis de l'expérience, une culture et un capital de compétences en ne s'appuyant pas ou peu sur la capacité à lire et à écrire. Certaines ont pu ainsi s'intégrer à la vie sociale et professionnelle, mais l'équilibre est fragile, et le risque de marginalisation permanent. D'autres se trouvent dans des situations d'exclusion où l'illettrisme se conjugue avec d'autres facteurs (ANLCI, 2003). »

À l'échelle mondiale, le taux d'alphabétisme est passé de 56 % en 1950 à 70 % en 1980, à 75 % en 1990 et à 82 % en 2000-2004 (UNESCO, 2008).

L'analphabétisme a tendance à prévaloir dans les pays à faibles revenus et dans ceux où certaines parties de la population sont privées du droit élémentaire d'apprendre à lire et à écrire

Que penser des pays industrialisés les mieux nantis qui montrent toujours un pourcentage important d'analphabètes ? Le rapport sur l'Enquête internationale sur les compétences en lecture (EICL) des pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *L'apprentissage de la littératie au Canada (Grenier et al., 2008)*, présente un portrait de l'alphabétisme d'adultes canadiens ayant participé à l'enquête internationale sur l'alphabétisation et les compétences des adultes (EIACA) en 2003.

L'EIACA visait à mesurer les capacités de compréhension en lecture d'adultes de plus de 16 ans à partir de différents textes écrits. Les échelles de compréhension de textes comportaient cinq niveaux de compétence, le premier étant le plus faible et le troisième étant le seuil critique de compétence dont les adultes ont besoin pour participer équitablement et pleinement à l'économie du savoir. L'EICL définit par « compétences faibles » en littératie des compétences de niveaux 1 et 2 sur l'échelle de l'EIACA.

L'EICL a révélé qu'environ 42 % des adultes canadiens âgés de 16 et 65 ans montraient de faibles compétences en littératie, dont 16 % présentaient des compétences de niveau 1 en lecture. Les Canadiens ayant un faible niveau d'alphabétisme sont plus nombreux à ne pas avoir complété d'études secondaires par rapport à ceux des niveaux 3,

4 et 5. De toute évidence, ces chiffres révèlent l'existence d'un lien entre scolarité et alphabétisme.

Contrairement à la croyance populaire, les gens faiblement alphabétisés ne sont pas nécessairement des personnes très âgées qui ont quitté l'école très jeunes ou des immigrants. Parmi ces personnes, l'EICL a révélé que 13 % des jeunes adultes canadiens âgés entre 16 et 25 ans se situaient au niveau le plus faible des compétences, parmi lesquels 50 % de jeunes décrocheurs (personnes ayant abandonné l'école sans avoir obtenu de diplôme secondaire). Ces jeunes adultes sont considérés comme illettrés.

L'EICL a exploré les liens entre le rendement à divers tests d'évaluation de lecture et d'orthographe et les compétences en littéracie évaluées précédemment par l'EICA. Il a ainsi été démontré qu'il existe un lien entre les capacités en langage écrit et les compétences en littéracie, définies comme l'atteinte du niveau 3. Les participants n'ayant pas atteint les compétences nécessaires en littéracie selon l'EICA, sont également ceux qui ont fait preuve de moins bonnes capacités en lecture et en orthographe des tests de l'EICL. Ce lien entre le niveau de littéracie et les compétences orthographiques est encore plus fort que celui entre littéracie et compétences en lecture. En effet, 75 % des participants ayant obtenu un score inférieur à 60 % en orthographe, contre 40 % en lecture, n'ont pas atteint le niveau de compétence souhaité (niveau 3). La plus grande complexité de l'orthographe peut expliquer cette différence de résultats. Ces données suggèrent que la maîtrise du langage écrit est un facteur important essentiel à l'alphabétisation.

Les diverses enquêtes de l'OCDE nous indiquent qu'après un siècle de scolarisation obligatoire aucun des pays ayant participé à ces enquêtes n'a à ce jour éradiqué l'illettrisme, et ce, malgré les caractéristiques variées de leurs contextes économique, institutionnel et pédagogique. Ces données suggèrent que des facteurs autres qu'environnementaux conditionnent l'apprentissage du langage écrit.

La prévention de l'illettrisme est primordiale tant pour la société que pour l'individu. La possibilité d'envisager une prévention auprès des enfants à risque de présenter des difficultés d'apprentissage du langage écrit résulte directement des progrès

de notre compréhension du développement du langage écrit ainsi que des causes des troubles d'apprentissage.

2. Contexte théorique et position du problème

2.1. Le système d'écriture du français

Pour comprendre l'acquisition du langage écrit, il est nécessaire d'étudier les caractéristiques du système d'écriture dans lequel elle s'inscrit. Catach (1978) définit le français écrit comme étant un plurisystème dans lequel coexistent des unités significatives et non significatives. Les mots y sont représentés selon trois dimensions linguistiques : phonographémique, morphographémique et logographique.

La phonographie fournissant à l'écriture les bases de sa structure, elle constitue la clé de l'écriture (Jaffré, 2003). C'est ce qui permet de comprendre le rôle que joue le traitement phonologique dans l'acquisition du langage écrit.

Les dimensions morphographémique et logographique utilisent la phonographie comme unité de base pour coder des unités de sens à l'aide de morphogrammes (dimension morphographémique) et de logogrammes pour distinguer les homophones (dimension logographique). La représentation graphique du français écrit représente non seulement des unités phonologiques, mais également des unités sémantiques (sémiographie linguistique). Notre système alphabétique est donc à base mixte puisqu'il représente à la fois la phonographie et la sémiographie. Pour certains chercheurs, la sémiographie est la superstructure de l'écriture, tandis que la phonographie en est l'infrastructure (Jaffré, 2003). Le rôle de la sémiographie est majeur et permet de rendre compte du rôle complémentaire du traitement orthographique dans l'acquisition du langage écrit. Ainsi, notre système d'écriture permet de transcrire du sens à partir des sons du langage. Le système d'écriture du français a adopté les lettres de l'alphabet latin pour transcrire les phonèmes. Toutefois, cet alphabet, composé de 26 lettres, ne permet pas coder avec exactitude l'ensemble des 36 phonèmes de la langue parlée. Les scribes

ont tenté de résoudre cette distorsion en combinant plusieurs lettres et en ajoutant des marques diacritiques (cédille, accents, tréma) pour permettre de représenter tous les phonèmes de la langue. Le français standard comporte ainsi 130 graphèmes et 5 marques diacritiques pour coder ses 36 phonèmes. Ainsi, l'unité de base de français écrit n'est pas la lettre, mais le graphème, unité graphique qui renvoie au phonème.

La complexité d'un système d'orthographe alphabétique à base phonographémique peut se mesurer, entre autres, par le calcul du degré d'incertitude associé à l'écriture d'une association phonème-graphème ou à la lecture d'une association graphème-phonème (Lété, Peereman, & Fayol, 2008). Ce degré d'incertitude est appelé « consistance » ou « inconsistance ». Le degré d'inconsistance situe les systèmes d'écriture alphabétique sur un continuum permettant d'en qualifier les orthographe d'« opaques », de « profondes » ou de « transparentes » (Jaffré & Fayol, 1997). Des études comparatives interlangues ont permis de montrer que le système orthographique du français (tout comme l'anglais) est l'un des systèmes les plus opaques en raison de son degré élevé d'inconsistances phonographémiques (Alegria & Mousty, 1996; Weekes, Castles, & Davies, 2006).

La dimension morphographémique du français est, elle aussi, complexe. Les morphogrammes dérivationnels (affixes) et flexionnels (lettre ou groupe de lettres qui marquent le nombre, le genre, le temps, etc.) sont pour la plupart inconsistants et sans contrepartie phonologique (Peereman & Sprenger-Charolles, 2007). Les morphogrammes verbaux sont homophones hétérographes, c'est-à-dire qu'une même forme phonologique prend des formes écrites différentes (ex. : il mange – ils mangent) dans plus de 80 % des cas.

Enfin, la dimension logographique n'est pas sans poser de nombreux problèmes pour l'apprenti scripteur du français puisque cette langue comporte de nombreux logogrammes homophones hétérographes (ex. : vers, verre, ver, vert, vair).

Les effets de complexité des systèmes alphabétiques comme le français et l'anglais rendent l'acquisition des connaissances orthographiques dans ces langues plus difficile que dans les langues transparentes telles que l'espagnol et l'italien (Alegria &

Mousty, 1996; Lété et al., 2008; Seymour, Aro, & Erskine, 2003; Weekes et al., 2006). Dans un système orthographique transparent, disposer de la représentation phonologique de chaque mot et de règles de transcodage phonographémique suffit pour orthographier la quasi-totalité des mots. Par contre, dans des systèmes orthographiques opaques, les règles de transcription ne suffisent pas à orthographier des mots de façon conventionnelle. Comme le français comporte un nombre plus important d'inconsistances phonographémiques (46 %) que d'inconsistances graphophonémiques (15 %), l'application de règles de correspondance phonographémique permet d'orthographier de façon conventionnelle moins de la moitié des mots.

Ainsi, dans un système opaque tel que le français, l'acquisition de l'orthographe est plus difficile que celle de la lecture et ces difficultés sont imputables aux dimensions phonographémique et morphographémique de notre système d'écriture (Peereman & Sprenger-Charolles, 2007). La découverte du système alphabétique ainsi que les connaissances phonographémiques et morphographémiques ne suffisent en effet pas pour écrire les mots français de façon conventionnelle. Les enfants doivent nécessairement acquérir des connaissances orthographiques lexicales spécifiques aux mots (ex. : le phonème /o/ du mot *bateau* s'écrit à l'aide du graphème « eau ») ainsi que des connaissances orthographiques plus générale concernant les régularités orthographiques propres à chaque langue. Les régularités orthographiques permettent d'orthographier les mots. Les facteurs cognitifs qui interviennent dans l'acquisition du langage écrit varient en fonction de la consistance et de la taille des unités pour coder le langage écrit (phonème, syllabe, rimes et mots). Ainsi, dans un système alphabétique transparent, la connaissance d'un nombre limité de correspondances phonographémiques permet d'orthographier la quasi-totalité des mots de l'oral. La charge cognitive est donc moindre en mémoire. Tandis que, dans des systèmes alphabétiques opaques comme celui du français, la mémorisation d'un nombre important de phonogrammes et de morphogrammes est essentielle pour maîtriser l'orthographe conventionnelle des mots et nécessite donc une plus grande capacité de mémoire.

2.2. Modèles théoriques de l'acquisition du langage écrit

Les recherches menées depuis de nombreuses années tant en psychologie qu'en neuropsychologie cognitive ont proposé des modèles de lecture et d'orthographe spécifiant les mécanismes de traitement impliqués dans la reconnaissance et la production du langage écrit. Ces modèles permettent d'émettre des hypothèses sur les mécanismes sous-jacents au fonctionnement normal ou pathologique à l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe. Différents points de vue sont offerts pour expliquer cette variation, qui implique soit différents processus et représentations (modèle cognitiviste), soit différents déficits pour des représentations communes (modèle connexionniste).

Les modèles cognitivistes développementaux possèdent deux particularités importantes. La première est que ces modèles sont issus des modèles de lecture chez le lecteur expert, dits de double voie (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001a). Selon ces modèles, l'accès au lexique s'effectue selon deux processus différents :

- un processus phonologique qui permet de lire ou d'écrire un mot par l'utilisation de règles de transcodage phonographémique et graphophonémique;
- un processus orthographique qui permet d'accéder directement aux mots qui sont stockés dans un lexique mental.

La deuxième caractéristique de ces modèles est qu'ils décrivent une suite d'étapes strictes et identiques pour tous les enfants par lesquelles ils doivent passer afin de devenir un lecteur et scripteur compétent. Chacune de ces étapes est marquée par un mode spécifique de traitement où l'on retrouve d'une part au développement, l'accès aux mots à partir d'un traitement phonologique et d'autre part à la fin du développement, l'accès aux mots à partir d'une procédure orthographique. Les différentes étapes conduisent à la mise en place progressive des deux processus de lecture (Écalle & Magnan, 2002b).

Un des modèles le plus cité dans la littérature est celui de Frith (1985) qui propose trois étapes ou stades principaux nommés, logographique, alphabétique et orthographique.

Le stade logographique apparaîtrait avant l'apprentissage formel et serait utilisé par l'enfant pour reconnaître les mots familiers par une procédure d'identification globale à partir de patrons d'indices saillants des mots stockés en mémoire. À cette étape, l'enfant n'effectuerait pas de traitement linguistique, mais un traitement pictural associé aux mots.

Le stade suivant, dénommé stade alphabétique ou phonologique, permet de lire et d'orthographier les mots inconnus du sujet à partir des règles de transcodage graphophonémique et phonographémique enseignées de façon explicite à l'école. À ce stade, l'enfant est en mesure de lire et d'orthographier tous les mots réguliers de la langue. Ce stade correspond au processus phonologique de la voie indirecte des modèles experts à double voie.

Enfin, au dernier stade dit orthographique, l'enfant est en mesure d'analyser les mots auxquels il est confronté de façon automatique sans avoir recours à la conversion phonologique. Dans cette phase, l'apprenant accède directement aux représentations orthographiques des mots qu'il a stockés en mémoire à long terme (lexique mental). Ce dernier stade correspond au processus orthographique de la voie directe tel qu'il a été décrit dans les modèles experts à double voie.

Les modèles développementaux ont été mis en cause parce qu'ils s'avéraient incapables d'expliquer la coexistence, dès le début de l'apprentissage, de différents processus de lecture et d'orthographe, qui jusqu'alors étaient décrits comme apparaissant de façon successive, (Bégin, 2005b; Besse & Montésinos-Gelet, 2003; Bosse & Valdois, 2003; David, 2003a; Écalte, Magnan, & Bouchafa, 2002; Martinet, Valdois, & Fayol, 2004; Morin, 2002b).

Suite aux modèles développementaux sont apparus les modèles dits « fonctionnels ou interactifs » qui décrivent la manière dont le système de traitement de l'information mobilise différents processus pour la lecture et l'orthographe.

Contrairement aux modèles développementaux en stades, ces modèles sont dits interactifs dans la mesure où ils mettent l'accent sur les liens précoces qui se construisent entre des connaissances phonologiques et des connaissances

orthographiques. Les connaissances phonologiques permettraient le développement des connaissances orthographiques qui à leur tour contribueraient au développement des connaissances phonologiques.

Le modèle à double fondation de Seymour (1997) stipule que les phases, logographique et alphabétique, seraient non pas des phases mais des processeurs indépendants qui coexistent dès le début de l'apprentissage et contribueraient à l'élaboration du lexique orthographique.

Ce modèle comporte 5 composantes qu'il considère comme étant des processeurs ou modules : logographique, alphabétique, phonologique, orthographique et morphographique. Le processeur logographique décrit par Seymour diffère de la conception de Frith (1985) car il a pour fonction de reconnaître directement des unités lexicales et infralexicales et de les stocker. Cette reconnaissance s'appuierait sur la prise en compte d'indices phonologiques. Ce module permettrait de reconnaître des mots ou des syllabes sans faire appel au traitement phonologique. Les mots nouveaux passent dans le processeur logographique et fournissent des données pour la structure subséquente (structure orthographique). Selon Seymour, un déficit de ce processeur entraînerait des difficultés à mémoriser des connaissances orthographiques.

Quant au processeur alphabétique, il traite des unités graphémiques et peut être considéré comme une autre forme de processeurs logographique car les lettres restent des symboles arbitraires que l'enfant doit mémoriser. Ce processeur permettrait de lire et d'orthographier des pseudomots et il se caractérise par l'utilisation du traitement phonologique. Un mot familier est reconnu par le processeur logographique tandis qu'un mot inconnu est traité par le processeur alphabétique. Au début du développement du langage écrit, les mots familiers sont traités par le processeur logographique tandis que des mots non familiers sont traités de façon séquentielle à partir d'une analyse lettre par lettre par le processeur alphabétique.

Enfin, pour les niveaux plus avancés du développement du langage écrit, le processeur orthographique permettrait de coder des connaissances générales et plus abstraites sur l'orthographe des mots mono et bi syllabiques grâce à l'apprentissage du langage écrit. Par exemple, les mots irréguliers sont localisés par un index qui précise l'écart entre la prononciation divergente de celle attendue. Ce processeur évoluerait par

stades (central, intermédiaire et avancé). Bien que la progression entre ces trois stades ne soit pas précisément définie, le stade qui semble être le plus important est le stade central. Le traitement des unités porterait d'abord sur des structures syllabiques simples (stade central), puis complexes (stades intermédiaire et avancé). Ce module permettrait de lire tous les mots connus ou non, sans l'aide des processeurs logographique et alphabétique, parce qu'il s'est opéré une généralisation des unités apprises aux unités non apprises. Les processeurs logographique et alphabétique servent donc de fondement au processeur orthographique au début du développement du langage écrit.

Le développement des stades intermédiaire et avancé est similaire au stade central. Ces stades contribuent au traitement de structures orthographiques de plus en plus complexes et permettent également de rendre compte de la variabilité interindividuelle au cours de l'apprentissage de la lecture.

Le modèle de Seymour propose un dernier processeur conçu pour coder des connaissances morphologiques des mots (racine, préfixe et suffixe), soit le processus morphographique. Le développement de ce processus ne pourrait se faire sans le développement initial du processeur orthographique.

Selon Seymour et Evans (1999), ce modèle permet non seulement de rendre compte des variations individuelles dans l'utilisation des stratégies observées chez les enfants en début d'apprentissage, mais également d'expliquer les troubles en analysant la façon dont se développent les différents processeurs (logographique et alphabétique, orthographique et morphographique), l'étendue du lexique orthographique ainsi que la connaissance des correspondances graphèmes-phonèmes. Le modèle conçoit l'établissement de différents types de dyslexie, classés en fonction du niveau de développement atteint par l'enfant.

Le modèle interactif de Seymour (1997) suppose le développement des processeurs alphabétique et logographique avant le développement des processeurs orthographique et morphologique. Or, différentes études ont montré que, seulement après trois mois d'apprentissage du langage écrit, les enfants de première année ont des connaissances orthographiques et morphologiques stockées en mémoire (Bosse, Valdois, & Tainturier, 2003a; Martinet et al., 2004). Écalte (2003) a même démontré

que les enfants possédaient des connaissances orthographiques implicites avant l'apprentissage formel de l'écrit. L'ensemble de ces études confirme la présence et l'indépendance des structures orthographique et morphologique dès le début de l'apprentissage du langage écrit.

À la suite des modèles cognitivistes, des modèles connexionnistes de la lecture ont été proposés dont ceux d'Ans, Carbonnel et Valdois (ACV, 1998) et Écalte (2003).

Ces derniers se distinguent des modèles cognitivistes par la conception du traitement de l'information qui se rapproche du fonctionnement d'un système nerveux dans lequel les unités phonologiques, orthographiques et sémantiques sont constamment interconnectées et influencées par l'environnement orthographique. Ces trois types d'unités sont manipulés, transformés, codés et stockés sous forme d'états d'activation de groupes de neurones résultant de nos expériences avec l'environnement.

Ainsi, selon cette approche, lire et écrire ne consistent plus à appliquer un ensemble de règles, mais la réalisation de ces activités est le résultat de l'activation automatique de différentes unités spécialisées dans le traitement phonologique, orthographique et sémantique. Toutes les connaissances que le lecteur possède sur les mots sont activées par le système de traitement de façon automatique et inconsciente. C'est l'exposition répétée à l'écrit qui permettra l'acquisition implicite de connaissances grâce à l'association entre les différents systèmes – orthographique, phonologique et sémantique – et par un apprentissage explicite. Si l'un des traitements automatiques est perturbé, le lecteur ne pourra développer des liens qu'entre deux systèmes et cette limitation entraînera des troubles de lecture. Les modèles connexionnistes accordent une place prépondérante à l'apprentissage implicite du langage écrit. Parmi ces modèles, le modèle ACV met en évidence, outre le rôle du traitement phonologique, le rôle prépondérant du traitement visuoattentionnel dans la mise en place d'une mémoire lexicale efficace.

Le modèle ACV suppose l'existence d'une voie unique et une double procédure de lecture, une procédure globale et une procédure analytique, qui se distinguent par la taille de l'empan de la fenêtre visuoattentionnelle. Cet empan correspond à la quantité de

lettres distinctes qui peuvent être traitées simultanément en une fixation dans la séquence d'un mot (Valdois, 2008).

Ce modèle est représenté sous forme d'un réseau composé de quatre couches d'unités : deux couches d'unités orthographiques, une couche centrale pour la mémoire épisodique et une couche phonologique de sortie.

Les connaissances portant sur les correspondances orthographe et phonologie sont stockées sous forme de force de connections entre les unités phonologiques et orthographiques. Le traitement d'un mot débiterait par un traitement global et le traitement analytique interviendrait par la suite en cas d'échec du traitement global. Ces deux procédures se différencient par la taille de la fenêtre visuoattentionnelle à travers laquelle est extraite l'information orthographique. Lorsqu'un mot est présenté au réseau, la fenêtre visuoattentionnelle englobe la totalité de la séquence orthographique d'entrée afin de traiter l'ensemble des lettres de la séquence. L'activation des unités orthographiques se propage et active les informations orthographiques et phonologiques préalablement mémorisées sur les mots appris. Si la séquence des lettres du mot est identique à une séquence mémorisée du système, alors le schéma d'activation est accepté comme un objet familier du système. Dans ce cas, l'activation des unités orthographiques se propage vers le système phonologique, qui active à son tour la réponse phonologique. Le mot a donc été lu en mode global. Toutefois, lorsque le schéma d'activation orthographique n'est conforme à aucun schéma orthographique du système, il y a un échec du traitement global et le système bascule alors en mode analytique. La fenêtre attentionnelle sera alors réduite à la plus large séquence du début du mot que le système sera capable de reconnaître. Lorsqu'il y a reconnaissance du schéma orthographique, une réponse phonologique est activée, qui sera maintenue dans la mémoire de travail. La seconde étape consiste à déplacer la fenêtre visuoattentionnelle sur la deuxième portion du mot reconnaissable, et ainsi de suite jusqu'au traitement complet du mot. Les séquences phonologiques du mot maintenues en mémoire de travail seront alors fusionnées pour produire une séquence phonologique complète de ce mot.

Chaque fois qu'une séquence orthographique globale et une séquence phonologique du mot sont simultanément disponibles, une nouvelle trace du mot, appelée

«trace-mot », est créée en mémoire. Dans ce modèle, l'acquisition d'une connaissance orthographique se traduit par le renforcement des poids des connections entre les unités orthographiques et phonologiques.

Le modèle ACV fait l'hypothèse que la capacité de traitement visuoattentionnel simultané de toutes les lettres d'un mot conditionne l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques. Par conséquent, cette capacité cognitive pourrait être un facteur influent dans l'acquisition de l'orthographe, indépendamment du facteur phonologique. Le modèle ACV fait aussi l'hypothèse qu'une atteinte sélective des composantes visuoattentionnelle et phonologique pourrait entraîner des formes distinctes de dyslexie développementale.

Le modèle ACV fait également l'hypothèse que des dysfonctionnements cognitifs différents et indépendants pourraient être à l'origine des différentes formes de dyslexie. Un dysfonctionnement du traitement phonologique ou du traitement visuoattentionnel serait à l'origine des différentes formes de la dyslexie développementale. Un trouble phonologique pourrait affecter la lecture des pseudomots et secondairement la lecture des mots. Une réduction de la taille visuoattentionnelle devrait avoir pour conséquence que la forme complète du mot ne soit jamais disponible. Cela devrait résulter en l'impossibilité de créer des traces du mot dans la mémoire, qui entraînerait un dysfonctionnement de la procédure globale de lecture.

Alors que jusqu'à présent les modèles développementaux en stades ont ignoré l'apprentissage implicite, les modèles connexionnistes insistent davantage sur ce type d'apprentissage. L'apprentissage implicite est défini par Gombert (2005) comme étant un processus par lequel les comportements s'adaptent progressivement aux caractéristiques structurales de l'environnement avec lequel l'individu interagit sans qu'il ait une connaissance explicite de ces caractéristiques.

Dans le cadre de l'acquisition du langage écrit, plusieurs études montrent effectivement que l'apprentissage implicite participe à l'acquisition des connaissances orthographiques (Bosse et al., 2003a; Martinet et al., 2004; Ouellette & Sénéchal, 2008; Pacton, Fayol, & Perruchet, 2005a; Pacton, Perruchet, Fayol, & Cleeremans, 2001a;

Wright & Ehri, 2007a). Les enfants ont une sensibilité précoce aux aspects purement orthographiques du français écrit qui témoigne d'une connaissance des régularités orthographiques (alphabétiques, graphotactiques et morphologiques) acquise de façon implicite, et ce, avant même l'apprentissage formel de l'écrit. L'étude de Ouellette et Sénéchal (2008) a en effet montré que les enfants âgés de 5 ans ont une sensibilité relative à l'ordre des lettres ainsi qu'à certaines associations phonographémiques fréquentes du français écrit. Ainsi, avant l'apprentissage explicite du langage écrit, l'enfant se construit un ensemble de connaissances orthographiques acquises de façon implicite sur lequel s'intégreront les connaissances orthographiques explicites fournies par un enseignement formel. Dans la présente étude, l'acquisition de l'orthographe implicite fera référence à celle acquise en maternelle, soit avant l'apprentissage formel du langage écrit. À ce niveau en effet, seuls le nom des lettres de l'alphabet et les correspondances graphèmes-phonèmes de base sont enseignés de façon explicite, du moins dans les écoles qui ont participé à cette étude. L'orthographe des mots ne fait donc pas partie de l'enseignement « explicite » requis par le ministère de l'Éducation au Québec. Écrire un mot qui pour les enfants de maternelle suppose nécessairement de leur part une découverte intuitive et donc « implicite » de son orthographe.

S'appuyant sur le modèle développemental de Frith (1985) et s'inspirant des modèles connexionnistes de Seidenberg et McClelland (1989), le modèle par analogies de Gombert et de ses collaborateurs (2005; 1997) a l'avantage de rendre compte du rôle des traitements explicite et implicite dans l'apprentissage.

Tout comme les modèles connexionnistes, le modèle d'apprentissage par analogies considère que l'acquisition des connaissances orthographiques se développe initialement par apprentissage implicite, grâce notamment à l'exposition à l'écrit. Avant l'apprentissage formel de l'écrit, l'enfant dispose d'un système capable de traiter le langage oral qui servira de base pour édifier le langage écrit (Gombert, 2005). Ce modèle possède quatre processus : un processus pictural qui traiterait l'information visuelle ; un processus phonologique qui traiterait l'information phonologique ; un processus sémantique qui assurerait l'attribution des significations ; et un processus contextuel qui prendrait en compte l'information externe au percept visuel et/ou mot en cours de

traitement. Avant l'apprentissage du langage écrit, le système est dépourvu de processus orthographique, qui est remplacé par le processus pictural.

À cette période, l'enfant traite des mots écrits de façon globale et logographique simultanément grâce aux processus, phonologique et sémantique, sans qu'aucun traitement linguistique n'y soit effectué. Puis, progressivement, grâce à cette procédure que Gombert (2005) qualifie de « prélecture », l'enfant commencerait à traiter les mots écrits de manière plus spécifique en mémorisant des configurations saillantes des mots. Ces configurations orthographiques seraient toujours traitées simultanément par les processus pictural, phonologique et sémantique et conduiraient à la création progressive du processus orthographique, fruit de la spécialisation du processus pictural.

Le système utiliserait en premier lieu les régularités orthographiques de la langue correspondant aux régularités phonologiques les plus prégnantes de cette langue (syllabes, rimes, mots fréquents), annonçant l'installation de procédures analogiques. Ces premières représentations orthographiques et phonologiques, acquises par apprentissage implicite, constitueraient un précurseur nécessaire rendant possible l'acquisition des connaissances orthographiques ultérieures. La mise en correspondance de régularités orthographiques et phonologiques stockées en mémoire serait utilisée par le système cognitif pour permettre le traitement de nouveaux mots voisins orthographiques et/ou phonologiques. Ces activités engendrent des procédures d'autoapprentissage implicite par analogies. Deux processus, contextuel et phonologique, interviendraient conjointement. Le processus contextuel construirait une base de connaissances visuelles nouvelles permettant de traiter des mots et des configurations orthographiques fréquentes, tandis que le processus phonologique serait à l'origine d'une base de connaissances phonologiques portant sur des unités phonologiques de tailles variées (phonèmes, rimes et syllabe). C'est grâce à la mise en correspondance entre analogies orthographiques et analogies phonologiques que le système cognitif parviendrait à lire de nouveaux mots. Toutefois, comme les processus implicites ne sont pas suffisants pour conduire à une lecture fonctionnelle, c'est un enseignement explicite des règles de correspondance phonographique et graphophonémique qui va permettre l'installation des traitements alphabétiques (phonologique), puis orthographiques. L'apprentissage explicite a pour

effet de découpler l'apprentissage implicite en conduisant l'enfant à multiplier et varier la manipulation de l'écrit.

Contrairement aux modèles en stades, le modèle de Gombert et de ses collaborateurs a l'avantage de tenir compte du rôle important et précoce des connaissances lexicales orthographiques dans l'acquisition du langage écrit. De plus, ce modèle rend compte à la fois de l'importance de l'apprentissage implicite et, comme nous l'avons déjà souligné, de l'apprentissage explicite et de leur complémentarité.

Enfin, ce modèle permet de fournir des éléments de compréhension des dysfonctionnements des apprentissages. En effet, Gombert (2003) émet l'hypothèse qu'un trouble d'apprentissage du langage écrit pourrait résulter d'un déficit d'apprentissage implicite.

Les modèles cognitivistes font l'hypothèse que la représentation de l'information de chacun des mots est stockée en mémoire dans un lexique mental hautement spécialisé. Ce lexique serait constitué de l'ensemble des connaissances phonologiques (lexique phonologique), orthographiques (lexique orthographique) et morphologiques (lexique morphologique). Selon ces modèles, la mise en place progressive du lexique orthographique résulterait d'un autoapprentissage par lequel chaque recodage phonologique contribuerait à acquérir en mémoire les connaissances orthographiques spécifiques aux mots rencontrés.

Les modèles connexionnistes considèrent qu'il n'existerait pas des représentations lexicales et phonologiques correspondantes aux mots, mais des schémas d'activation d'unités phonologiques, orthographiques et sémantiques. Dans ces modèles, l'acquisition d'une connaissance orthographique est conçue comme la mémorisation du fait qu'une information orthographique, une information phonologique et une information sémantique ont été traitées simultanément par le modèle, lien matérialisé par la création d'une « trace-mot » de cet événement dans la mémoire (Bosse, Commandeur-Lacôte, & Limbert, 2007).

2.3. Hypothèses portant sur les facteurs liés à l'acquisition du langage écrit

2.3.1. Hypothèse de la capacité de traitement phonologique

La recherche des facteurs cognitifs qui déterminent la maîtrise du code écrit se fait sur la base de modèles théoriques. Ces modèles permettent d'émettre des hypothèses sur les mécanismes sous-jacents au fonctionnement normal ou pathologique.

Les modèles cognitivistes et connexionnistes de l'acquisition du langage écrit ont conduit à faire l'hypothèse que le traitement phonologique est un facteur déterminant dans cette acquisition.

Depuis les trois dernières décennies, les recherches se sont majoritairement centrées sur le rôle que pouvait jouer le traitement phonologique dans l'acquisition du langage écrit (Écalte & Magnan, 2002b, pour une synthèse en français). Il y a un large consensus voulant que les capacités de traitement phonologique (encodage, rétention, rappel et manipulation des représentations phonologiques) et l'apprentissage du langage écrit entretiennent des relations fortes et spécifiques.

Les études longitudinales ont en effet permis de mettre en évidence l'existence d'une relation causale entre le traitement phonologique et l'apprentissage du langage écrit, notamment en démontrant que la capacité de traitement phonologique des prélecteurs prédit leurs performances ultérieures en lecture et en orthographe (Écalte & Magnan, 2002b, pour une synthèse en français). Ce constat a été effectué dans différentes langues.

La relation de causalité du traitement phonologique sur l'acquisition du langage écrit a aussi été mise en évidence par plusieurs études comportant des entraînements spécifiques (Courcy, 2000; Habib, 2000; Zorman, 1999). Les résultats suggèrent que la capacité de traitement phonologique peut être améliorée par un entraînement phonologique et que, dispensé avant l'apprentissage de l'écrit, cet entraînement a des effets bénéfiques sur l'apprentissage ultérieur du langage écrit. Ce constat a été effectué

pour différentes langues, dont l'hébreu, l'allemand, l'anglais, l'italien, l'espagnol et le français.

Par ailleurs, un nombre important d'études ont démontré qu'un déficit impliquant différents traitements phonologiques (mémoire de travail phonologique, analyse phonologique, lecture de non-mots) contribuait aux difficultés d'acquisition du langage écrit chez une population d'enfants présentant une dyslexie-dysorthographe développementale (Demont & Botzung, 2003; Écalle & Magnan, 2002b; Génard, Mousty, & Alegria, 2004; Sprenger-Charoles & Serniclaes, 2004). Ces études ont en effet révélé que la majorité des dyslexiques ont des performances inférieures à celles de normolecteurs (enfants n'ayant pas de problèmes de lecture et d'écriture) de même âge chronologique ou de même niveau de lecture dans des épreuves mettant en jeu la dimension phonologique.

Le rôle du traitement phonologique est aussi étayé par les études d'imagerie fonctionnelle. Le déficit phonologique est supposé être secondaire à un dysfonctionnement cérébral caractérisé par des anomalies se situant dans les aires du langage comme en témoignent des données neurofonctionnelles révélant une atypie du fonctionnement cérébral des aires impliquées dans le traitement phonologique et la lecture chez les dyslexiques (l'aire occipito-temporale gauche, le gyrus frontal inférieur gauche et l'aire pariéto-temporale gauche) (Habib, 2000). Les dyslexiques diffèrent des non-dyslexiques par l'intensité de l'activation des aires et par l'ordre dans lequel les aires se mettent en action. De plus, Paulesu et ses collaborateurs (1996) ont cerné le même dysfonctionnement neural dans trois groupes de dyslexiques phonologiques, de langues anglaise, française et italienne. Ces résultats suggèrent l'existence d'un facteur causal commun.

Toutes ces études confortent l'hypothèse des différents modèles théoriques à l'effet que les capacités de traitement phonologique et l'acquisition du langage écrit entretiennent des relations fortes et spécifiques. Les capacités de traitement phonologique apparaissent comme étant à la fois la cause et la conséquence de l'apprentissage du langage écrit.

Bien que le rôle essentiel du traitement phonologique dans l'apprentissage du langage écrit ait été bien étayé, il est toutefois manifeste que les capacités de traitement phonologique ne permettent pas à elles seules d'expliquer le développement du langage écrit ainsi que l'ensemble de ses troubles, en particulier celui concernant l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques.

2.3.2. Hypothèse de la capacité de traitement visuoattentionnel

Plus récemment, une autre hypothèse a été évoquée par le modèle connexionniste ACV, soit celle d'un lien entre la capacité de traitement visuoattentionnel et l'acquisition du langage écrit.

Cette hypothèse a tout d'abord été défendue dans le cadre d'études montrant que certains enfants dyslexiques présentent un trouble sélectif du traitement visuoattentionnel bien qu'ils disposent d'une capacité de traitement phonologique dans la norme (Valdois, 2008, pour une synthèse).

L'hypothèse visuoattentionnelle a également été confortée par une étude de Bosse et de ses collaborateurs (2007b). Ces chercheurs ont en effet montré qu'il est possible de distinguer des sous-groupes de dyslexiques distincts à partir non pas de leurs performances en lecture, mais de leurs capacités phonologiques et visuoattentionnelles et que ces deux facteurs contribuent de manière importante et indépendante à la performance de lecture de ces enfants. Les dyslexiques de cette étude ont été soumis à des épreuves visuoattentionnelles et métaphonologiques. Des analyses de régression ont montré que ces facteurs contribuaient de façon à la fois importante et indépendante à la performance en lecture. Le facteur visuoattentionnel rend compte respectivement de 36 % et 30 % de la variance de la lecture de non-mots et de mots irréguliers, tandis que le facteur phonologique rend compte de 20 % et 9 % de la variance de la lecture de non-mots et de mots irréguliers.

Pour déterminer le pourcentage d'enfants présentant l'un ou l'autre des déficits, ces chercheurs ont procédé à une classification sur la base de leurs coefficients factoriels,

phonologique et visuoattentionnel. Selon cette classification, il existe quatre sous-groupes distincts de dyslexiques, dont deux se caractérisent par un déficit cognitif isolé (visuoattentionnel ou phonologique). La majorité des dyslexiques présentent un trouble cognitif isolé (44 % un trouble visuoattentionnel et 19 % un trouble phonologique). Toutefois, 20 % de ces dyslexiques ne présentent aucun de ces 2 troubles. Les résultats précédemment mentionnés montrent qu'un déficit du traitement visuoattentionnel est observé chez certains dyslexiques et que ce déficit peut se manifester indépendamment de toute atteinte phonologique.

Une étude récente de Bosse et de ses collaborateurs (2007) suggère un lien entre la capacité de traitement visuoattentionnel et l'acquisition de l'orthographe lexicale. Cette étude a induit un apprentissage implicite d'orthographe de pseudomots chez des enfants de troisième année du primaire (CE2), à partir d'une tâche de lecture. Afin d'évaluer l'effet d'une réduction de l'empan visuoattentionnel, les enfants ont été soumis à deux conditions d'apprentissage : une condition dans laquelle toutes les lettres du pseudomot étaient simultanément visibles et une autre dans laquelle elles ne l'étaient pas. Tous les enfants sont parvenus à lire correctement les pseudomots présentés par une procédure analytique, et ce, quelle que soit la condition d'apprentissage. L'acquisition de l'orthographe de ces pseudomots a ensuite été testée. Les résultats ont montré qu'un empan visuoattentionnel adéquat (permettant de globaliser simultanément toutes les lettres d'un mot) favorisait l'acquisition de leur orthographe. Toutefois, les résultats montrent également que dans la condition de réduction d'empan l'acquisition de l'orthographe des mots lus n'est pas nulle. Les auteurs concluent qu'un traitement visuoattentionnel adéquat est une condition nécessaire à l'acquisition de l'orthographe, mais pas suffisante.

Une étude plus récente de Bosse et Valdois (2009) a établi un lien entre la capacité de traitement visuoattentionnel et le niveau de lecture. Cette recherche transversale a été conduite auprès d'un échantillon de plus de 400 enfants scolarisés en première, en troisième et en cinquième années du primaire. Une batterie de tests, incluant des épreuves de lecture, de traitement phonologique ainsi que de traitement visuoattentionnel (report global et partiel de lettres), a été administrée à chacun des

niveaux scolaires. Les résultats de l'étude montrent que l'empan visuoattentionnel permet de prédire la variabilité observée des niveaux de lecture indépendamment des capacités de traitement phonologique.

Les résultats de toutes ces études ne permettent pas encore de conforter l'hypothèse du modèle connexionniste ACV, bien que les études présentées plaident en sa faveur. Des études longitudinales et des études d'entraînement devraient être menées afin de vérifier si le lien entre traitement visuoattentionnel et acquisition du langage écrit est de nature causale.

La nécessité demeure donc d'identifier les autres facteurs cognitifs susceptibles de faire varier l'acquisition du langage écrit, puisque ni l'hypothèse phonologique ni l'hypothèse visuoattentionnelle ne permettent d'expliquer l'ensemble de cette variabilité.

2.3.3. L'hypothèse de la mémoire lexicale orthographique (mnésique)

Bien que le rôle de la mémoire lexicale orthographique soit évoqué dans l'ensemble des modèles théoriques, aucun ne considère cette mémoire comme étant un facteur cognitif déterminant dans l'acquisition du langage écrit. La mémoire lexicale joue pourtant un rôle majeur dans l'établissement des processus tant phonologique (analytique) qu'orthographique (global). En effet, la mémoire lexicale orthographique, qui a pour fonction d'encoder et de stocker des informations orthographiques phonographémiques, graphophonologiques, morphographémiques et logographiques, soit sous forme de représentation abstraite des mots, soit sous forme de schémas d'activation (trace-mots), selon la conception théorique adoptée, permet l'élaboration de l'ensemble des connaissances de l'écrit.

Le constat clinique de plaintes relatives à un problème de rétention à long terme des connaissances lexicales orthographiques exprimées par des enfants et des adultes dyslexiques ou non suggère que la mémoire lexicale orthographique à long terme pourrait jouer un rôle important dans l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe.

En outre, une atteinte sélective de cette mémoire entraîne des formes distinctes de dyslexie-dysorthographe. En effet, une difficulté d'encodage entrave l'élaboration des processus phonologique (analytique) et orthographique (global) et par conséquent entraîne une dyslexie-dysorthographe mixte, tandis que des difficultés de maintien des représentations orthographiques en mémoire lexicale à long terme nuiraient au développement du processus orthographique (global) et entraînent une dyslexie mnésique (de surface).

Le rôle de la mémoire dans l'acquisition du langage écrit a été pour la première fois évoqué par Goulandris et Snowling (1991). Ces auteurs ont présenté le cas d'une étudiante dont les caractéristiques en orthographe témoignaient de l'utilisation massive du processus phonologique sans connaissance de l'orthographe conventionnelle. L'analyse des déficits cognitifs a révélé un déficit sévère de mémoire visuelle. Les auteurs ont alors avancé l'hypothèse d'un déficit de la mémoire comme pouvant être le facteur cognitif responsable du trouble de langage écrit de l'étudiante.

Par la suite, plusieurs études ont tenté de cerner le rôle de la mémoire visuelle dans l'acquisition du langage écrit, mais seulement quelques-unes ont pris en compte la capacité de mémoire à long terme (Caravolas, Hulme, & Snowling, 2001; Casalis, 2004; Goulandris & Snowling, 1991; Kremin & Dellatolas, 1996; Romani, Ward, & Olson, 1999; Sprenger-Charolles, Cole, Lacert, & Serniclaes, 2000). Ces études n'ont pu établir de lien entre la mémoire visuelle à long terme et l'acquisition du langage écrit. Ces chercheurs en sont venus à la conclusion que la mémoire visuelle à long terme n'était pas un facteur cognitif causal des difficultés d'acquisition du langage écrit. Toutefois, les conclusions quant au rôle de la mémoire dans l'acquisition du langage écrit doivent être nuancées. En effet, l'efficacité de la mémoire à long terme a été évaluée au moyen d'épreuves de rappel de formes géométriques complexes ou de symboles de nature non linguistique. De plus, le rappel a été réalisé dans un délai relativement court de 30 à 60 minutes.

Les résultats de ces études ne permettent pas d'infirmer l'hypothèse selon laquelle la mémoire lexicale orthographique jouerait un rôle dans l'acquisition du langage écrit

dans la mesure où les stimuli utilisés pour évaluer cette mémoire n'étaient pas de nature linguistique. Toutefois, ces études suggèrent que le déficit de mémoire visuelle, qui entrave l'élaboration du processus orthographique des enfants dyslexiques dysorthographiques, n'est pas la conséquence d'un déficit général de la mémoire visuelle à long terme.

Récemment, Cohen et Dehaene et leurs collaborateurs (2004; 2005) ont permis de conforter la contribution de la mémoire lexicale orthographique dans le traitement des mots écrits. En effet, ces chercheurs postulent qu'au cours de l'apprentissage du langage écrit, un réseau neuronal qui était tout d'abord dédié aux traitements des stimuli visuels, se « recycle » progressivement pour se spécialiser dans le traitement de la forme visuelle des mots (FVM). Ce système neuronal aurait pour fonction principale d'encoder et de stocker les propriétés abstraites de l'ensemble des formes visuelles des mots. La mémoire lexicale orthographique peut alors être considérée comme sous la dépendance de ce système neuronal de traitement nommé par ces chercheurs « l'aire de la forme visuelle des mots » (AFVM). L'ensemble de ces représentations orthographiques stockées en mémoire, soit l'ensemble de la FVM, est communément appelé le *lexique orthographique*, dont dispose un sujet pour orthographier les mots par mémoire visuelle (lexicale orthographique).

L'AFVM semble être spécialisé dans traitements des représentations abstraites des mots écrits chez les personnes lettrées, et ce, quels que soit le système d'écriture (alphabétique, idéosyllabique, etc.), la typographie (*a*, *ɑ*, *a*, *A*, etc.), la couleur ou la casse (*A*, *a*) (Cohen & Dehaene, 2004).

3. Objectif général et hypothèse

L'objet général de cette thèse est de montrer que, avant même de faire l'apprentissage explicite du langage écrit, l'enfant fait appel à des connaissances lexicales orthographiques acquises de façon implicite – indispensables pour orthographier plus de la moitié des mots de la langue française et pour reconnaître rapidement les mots en

lecture – et que ces connaissances dépendraient de trois facteurs cognitifs spécifiques et indépendants soit entre autres de la capacité de maintien de la mémoire lexicale à long terme.

L'hypothèse principale qui y est explorée était que l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques acquises de façon implicite et explicite dépendrait de différentes capacités cognitives indépendantes, soit les capacités phonologique, visuoattentionnelle et de mémoire lexicale orthographique (rétention à long terme).

4. Méthodologie

4.1. Approche méthodologique

Notre étude s'inscrit dans un cadre longitudinal qui tentera d'établir que la capacité de mémoire lexicale orthographique, évaluée avant même l'apprentissage du langage écrit chez des enfants, est corrélée avec les connaissances orthographiques des jeunes scripteurs et que cette capacité, évaluée précocement, permet de prédire le niveau ultérieur des connaissances lexicales orthographiques, en fait prédictives de leur niveau ultérieur de lecture et d'orthographe. À notre connaissance, aucune étude longitudinale portant sur le rôle de la capacité de mémoire lexicale orthographique sur le développement des connaissances lexicales orthographiques n'a jusqu'ici été menée.

4.2. Participants

La présente étude a porté sur un échantillon d'enfants québécois suivis de la maternelle cinq ans, à la fin de leur deuxième année du primaire. Les enfants étaient tous issus d'un milieu socioéconomique moyen et proviennent de différentes écoles publiques des environs de Montréal et de la ville de Québec afin de s'assurer qu'ils étaient bien tous

unilingues. Ils ont tous été évalués aux mêmes trois moments, soit en mai 2006, en mai 2007 et en mai 2008.

La sélection des participants de l'étude a été réalisée par les enseignant(e)s des élèves. Les enfants étaient tous de langue maternelle française et avaient une intelligence et un comportement paraissant se situer dans la moyenne des enfants de leur âge.

4.3. Épreuves et procédure expérimentale

Le matériel était constitué d'épreuves pouvant être administrées en groupe. Il a été conçu de façon à évaluer les facteurs cognitifs en jeu dans l'acquisition des connaissances orthographiques, soit les capacités de traitement phonologique, d'attention visuelle et de mémoire lexicale orthographique. Le matériel comprenait également des épreuves visant à évaluer les connaissances orthographiques pour chacun des niveaux scolaires.

Cette recherche comportait trois études dont chacune a fait l'objet d'un chapitre.

La première étude de cette recherche avait pour objectif de mettre en évidence les liens entre trois facteurs cognitifs (traitement phonologique ; traitement visuo-attentionnel ; mémoire lexicale orthographique à long terme) et le niveau des connaissances lexicales orthographiques implicites des enfants avant même l'apprentissage formel du langage écrit (Article 1).

La seconde étude visait à examiner le rôle prédictif de cette mémoire lexicale orthographique dans l'acquisition ultérieure des connaissances orthographiques explicites en première et deuxième années du primaire (Article 2).

Enfin, la dernière étude avait pour but de mettre en lumière le rôle prédictif du niveau des connaissances orthographiques des enfants de maternelle quant au niveau ultérieur de leurs connaissances orthographiques en première et deuxième années, en lien avec les capacités cognitives qui sous-tendent l'apprentissage du langage écrit, en

particulier le traitement phonologique, le traitement visuoattentionnel et la mémoire lexicale orthographique (Article 3).

Le déroulement des différentes études de la thèse ainsi que les épreuves prévues sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1. Déroulement des différentes études et épreuves				
	Études 3			
	Étude 2			
	Étude 1			
Épreuves prévues	Maternelle Mai 2006 Jour x	Maternelle Mai 2006 Jour x + 7	1^{re} année Mai 2007	2^e année Mai 2008
Traitement phonologique	x			
Traitement visuoattentionnel	x			
Mémoire à court-terme	x			
Mémoire à long-terme		x		
Connaissances orthographiques implicites	x			
Connaissances orthographiques lexicales			x	x
Connaissances orthographiques homophoniques			x	x
Connaissances orthographiques lexicales			x	x

Ainsi en mai 2006, les élèves de maternelle ont été évalués collectivement dans leur classe respective, par l'orthophoniste ou l'orthopédagogue de leur école. Toutes les

épreuves ont été administrées la même journée à l'exception de l'épreuve de mémoire qui s'est déroulée en deux temps à une semaine d'intervalle. En mai 2007 ainsi qu'en mai 2008, la même expérimentation comportant des épreuves orthographiques a été répétée auprès des mêmes élèves de maternelle.

5. Bibliographie

- Alegria, J., & Mousty, P. (1996). The development of spelling procedures in French-speaking, normal and reading-disabled children: effects of frequency and lexicality. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(2), 312-338.
- ANLCI. (2003). *Lutter ensemble contre l'illettrisme - Cadre national de référence*. Paris.
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105(4), 678-723.
- Bégin, C. (2005). *L'évolution des écritures provisoires et l'orthographe lexicale des élèves francophones de la première à la quatrième année du primaire*. Unpublished Maîtrise, Université Laval, Québec.
- Besse, J.-M., & Montésinos-Gelet, I. (2003). La séquentialité phonogrammique en production d'orthographe inventées. *Revue des sciences de l'éducation*, 29, 159-170.
- Bosse, M.-L., Commandeur-Lacôte, P., & Limbert, L. (2007). La mémorisation de l'orthographe d'un mot lu en fonction du traitement visuel pendant la lecture. *Revue Psychologie et Education*, 1, 47-58.
- Bosse, M.-L., Tainturier, M.-J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*.
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2003). Patterns of developmental dyslexia according to a multi-trace of reading. *Current psychology letters*, 1(10).
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading* 230-253.
- Bosse, M.-L., Valdois, S., & Tainturier, M. J. (2003). Analogy without priming in early spelling development Reading and Writing. *Reading and Writing*, 16, 693-716.
- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The Foundations of Spelling Ability: Evidence from a 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Memory and Language*, 45(4), 751-774.

- Casalis, S. (2004). Troubles phonologiques et sous-types de la dyslexie du développement. In A. Valdois, P. Colé & D. David (Eds.), *Apprentissage de la lecture et Dyslexies développementales*. Marseille: Solal.
- Catach, N. (1978). *L'orthographe*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *Neuroimage*, 22(1), 466-476.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychol Rev*, 108(1), 204-256.
- Courcy, A. (2000). *Conscience phonologique et Apprentissage de la lecture*. Université de Montréal, Montréal.
- David, D. (2003). Les procédures orthographiques dans les productions écrites des jeunes enfants. *Revue des sciences de l'éducation*, 29(1), 1-19.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 335-341.
- Demont, E., & Botzung, A. (2003). Contribution de la conscience phonologique et de la mémoire de travail aux difficultés en lecture. *L'Année psychologique*, 104, 377-410.
- Écalte, J. (2003). Développement des processus d'identification des mots écrits: une étude transversale entre 6 et 8 ans. *Rééducation Orthophonique*, 41(213), 77-96.
- Écalte, J., & Magnan, A. (Eds.). (2002). *L'apprentissage de la lecture*. Paris: Armand Collin.
- Écalte, J., Magnan, A., & Bouchafa, H. (2002). Le développement des habiletés phonologiques avant et au cours de l'apprentissage de la lecture : de l'évaluation à la remédiation. *Glossa*, 82, 4-12.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In J.-C. M. e. M. C. K. Patterson (Ed.), *Surface Dyslexia. Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*: HillsdaleL. Erlbaum.
- Génard, N., Mousty, P., & Alegria, J. (2004). Troubles phonologiques et sous-types de la dyslexie du développement. In A. Valdois, P. Colé & D. David (Eds.),

- Apprentissage de la lecture et Dyslexies développementales* (pp. 113-146).
Marseille: Solal.
- Gombert, J.-E. (2005). Apprentissage implicite et explicite de la lecture. *Rééducation orthophonique*, 223, 177-187.
- Gombert, J.-E., Bryant, P., & Warrick, N. (1997). Les analogies dans l'apprentissage de l'orthographe. In L. Rieben, M. Fayol & C.A. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 319-334). Lausanne: Delachaux et Niestlé.
- Goulandris, N. K., & Snowling, M. (1991). Visual memory deficits : A plausible cause of developmental dyslexia ? Evidence from a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 127-154.
- Grenier, S., Jones, S., Strucker, J., Murray, T. S., Gervais, G., & Brink, S. (Eds.). (2008). *L'apprentissage de la littératie au Canada : Constatations tirées de l'Enquête internationale sur les compétences en lecture* (Vol. 19). Ottawa: Statistique Statistics Canada.
- Habib. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia: An overview and working hypothesis. *Brain*, 123(12), 2373-2399.
- Jaffré, J.-F. (2003). La linguistique et la lecture-écriture : de la conscience phonologique à la variable orthographe. *Revue des sciences de l'éducation*, 29(1), 37-49.
- Jaffré, J.-P., & Fayol, M. (1997). *Orthographes: Des systèmes aux usages*. Paris: Flammarion.
- Kremin, H., & Dellatolas, G. (1996). Les prérequis cognitifs de l'apprentissage de la lecture. In P. G. S. Carbonnel, M.-D. Martory et S. Valdois (Ed.), *Approche cognitive des troubles de la lecture et de l'écriture chez l'enfant et l'adulte* (pp. 97-112). Marseille: Solal.
- Lété, B., Peereman, R., & Fayol, M. (2008). Consistency and word-frequency effects on spelling among first- to fifth-grade French children: A regression-based study. *Journal of Memory and Language*, 58(4), 952-977.
- Martinet, C., Valdois, S., & Fayol, M. (2004). Lexical orthographic knowledge develops from the beginning of literacy acquisition. *Cognition*, 91(2), B11-22.

- Morin, M.-F. (2002). *Le développement des habiletés orthographiques chez des sujets francophones entre la fin de la maternelle et de la première année*. Unpublished Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec.
- Ouellette, G., & Sénéchal, M. (2008). A Window Into Early Literacy: Exploring the Cognitive and Linguistic Underpinnings of Invented Spelling. *Scientific Studies of Reading, 12*(2), 195–219.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2005). Children's implicit learning of graphotactic and morphological regularities. *Child development, 76*(2), 324-339.
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab: the case of orthographic regularities. *Journal of experimental psychology 130*(3), 401-426.
- Paulesu, E., Demonet, J. F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S. F., et al. (1996). Dyslexia, cultural diversity and biological unity. *Sciences, 291*, 2165-2167.
- Peereman, R., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: Distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, and infralexical and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers, 39*(3), 579.
- Romani, C., Ward, J., & Olson, A. (1999). Developmental surface dysgraphia: What is the underlying cognitive impairment? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 52*(1), 97-128.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review, 96*(4), 523-568.
- Seymour, P. H. (1997). Les fondations du développement orthographique et morphographique. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 384-403). Lausanne: Delachaux et Nieslé.
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology, 94*(2), 143-174.
- Sprenger-Charoles, L., & Serniclaes, W. (2004). Nature et origine des déficits dans la dyslexie développementale : l'hypothèse phonologique. In P. C. e. D. D. A. Valdois

- (Ed.), *Apprentissage de la lecture et Dyslexies développementales* (pp. 113-146).
Marseille: Solal.
- Sprenger-Charolles, L., Cole, P., Lacert, P., & Serniclaes, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: Evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *54*(2), 87-104.
- UNESCO. (2008). *Statistiques internationales sur l'alphabétisme : examen des concepts, de la méthodologie et des données actuelles*. Paris.
- Valdois, S. (2008). Dyslexies développementales : théorie de l'empan visuo-attentionnel. *approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant (ANAE)*, *96-97*, 15-21.
- Weekes, B. S., Castles, A. E., & Davies, R. A. (2006). Effects of consistency and age of acquisition on reading and spelling in developing readers. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal of Clinical Neurophysiology developing readers*, *1*(19), 132–169.
- Wright, D.-M., & Ehri, L. (2007). Beginners remember orthography when they learn to read words: The case of doubled letters. *Applied Psycholinguistics*(28), 115.
- Zorman, M. (1999). Évaluation de la conscience phonologique et entraînement des capacités phonologiques en grande section de maternelle. *Rééducation orthophonique*, *55*, 139-156.

Article 1 : Le rôle de la mémoire lexicale orthographique dans l'acquisition des connaissances orthographiques des enfants de maternelle 5 ans

Stanké, B., Flessas, J., & Ska, B. (2008)

Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (A.N.A.E), 100. p. 326-335.

Résumé : Cette recherche vise l'établissement de liens entre trois facteurs cognitifs (traitement phonologique ; traitement visuoattentionnel ; mémoire lexicale orthographique à long terme) et le niveau des connaissances lexicales orthographiques avant l'apprentissage formel du langage écrit. 338 enfants francophones ont été évalués dans une tâche d'orthographe inventée (8 mots). Les résultats de l'analyse de régression montrent que c'est la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme qui est le facteur qui apporte la plus forte contribution.

Mots clés : Acquisition de l'orthographe ; connaissances lexicales orthographiques ; mémoire lexicale orthographique ; orthographe inventée

Abstract: The aim of this study was to investigate the link between three cognitive factors (phonological treatment; visuo-attentional treatment; long term lexical orthographic memory) and the level of lexical orthographic knowledge prior to formal education in a the task of invented spelling (8 words). The participants were 338 francophone children attending kindergarten. The regression analysis results of the present study strongly suggest that long term lexical orthographic memory capacity is the most important cognitive skill.

Keywords: spelling acquisition; lexical orthographic knowledge; lexical spelling; lexical memory; invented spelling

1. Introduction

Écrire sans erreur d'orthographe est une habileté très diversement partagée, même chez les personnes les plus scolarisées. On peut concevoir en effet qu'accéder au langage écrit dans un système alphabétique est un processus complexe qui requiert de multiples capacités cognitives. De nombreuses études ont conduit à défendre l'idée selon laquelle l'apprentissage de l'écrit se construit avant tout sur la capacité à développer une connaissance phonologique des propriétés formelles de la langue orale. Pour maîtriser le langage écrit, il est nécessaire d'établir des correspondances entre le langage oral et les symboles écrits. L'élève doit comprendre que le langage oral peut être codé en langage écrit. Pour cela, dans une langue dite alphabétique, il doit être capable d'analyser de façon explicite la parole afin d'être en mesure de mettre en rapport les unités phonologiques et les unités orthographiques correspondantes et inversement. Bien que la capacité de lire les mots de la langue française repose essentiellement sur la connaissance du système alphabétique de représentations graphèmes-phonèmes, la capacité d'orthographier ces mêmes mots requiert aussi l'accès à des connaissances orthographiques variées, indépendantes du système alphabétique.

Le système d'écriture du français appartient à la famille des systèmes d'écriture dits morphophonologiques (Pacton, 2005), car il représente le langage oral à la fois sur le plan phonologique et sur le plan morphologique.

L'une des difficultés majeures du système d'écriture du français vient de l'inconsistance des correspondances phonèmes/graphèmes. En effet, un même phonème peut être représenté par plusieurs graphèmes (ex. : /o/ peut être représenté en français par 16 graphèmes) et un même graphème peut renvoyer à plusieurs phonèmes (ex. : la lettre *s* peut représenter les phonèmes /s/ ou /z/). Un mot est considéré comme inconsistant en orthographe chaque fois qu'il comporte un phonème qui peut être représenté par plusieurs graphèmes quelle que soit la façon d'être orthographié (Lété, 2008) (ex. : /o/ peut être représenté en français par *o*, *au*, *eau*, *os*, etc.) ou chaque fois qu'un graphème représente

plusieurs phonèmes en lecture (ex. : le graphème *s* peut représenter les phonèmes /s/ et /z/). L'étude de Peereboom et de ses collaborateurs (2007) a montré que l'inconsistance phonographémique en français est plus élevée (46 %) que l'inconsistance graphophonémique (15 %) et que cette différence s'observe essentiellement à la fin des mots. Les inconsistances des correspondances font du système orthographique français un système orthographique dit profond comparativement à d'autres langues plus régulières telle la langue espagnole, italienne ou allemande. Ainsi, dans le système français, la connaissance du seul principe alphabétique permet de lire la quasi-totalité des mots, mais ne permet de ne transcrire moins d'un mot sur deux. En français, il est donc généralement plus difficile de bien orthographier que de bien lire.

Une seconde difficulté du système orthographique français vient du fait que le français écrit représente les aspects morphologiques par des marques flexionnelles (ex. : la flexion *nt* du verbe *mangent*) ou dérivationnelles (ex. : la lettre *d* du mot *bavard*) qui n'ont généralement pas de correspondants phonologiques.

Ainsi, en raison du caractère profond du système orthographique français, l'enseignement explicite et l'apprentissage du principe alphabétique n'assurent pas à eux seuls des connaissances suffisantes pour orthographier correctement les mots. Trois autres domaines de connaissances orthographiques doivent également se développer pour que l'apprenant soit en mesure de bien orthographier les mots de la langue : il lui faut des connaissances à la fois sur les aspects morphologiques, sur les régularités orthographiques et sur les spécificités propres au lexique orthographique (mots dits irréguliers) (Fayol, 2006b).

Les recherches menées depuis de nombreuses années tant en psychologie qu'en neuropsychologie cognitive ont proposé des modèles de lecture et d'orthographe spécifiant les mécanismes de traitement impliqués dans la reconnaissance et la production du langage écrit : les modèles cognitifs à double voie (ex. : Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001b) et les modèles connexionnistes à une voie (Ans et al., 1998).

Les théories qui prévalent actuellement, appuyées par des résultats empiriques, montrent que les connaissances orthographiques des mots vont s'accroître tout au cours

de la scolarité en nombre et en qualité, de même que l'habileté à mettre en œuvre diverses stratégies pour produire ces formes orthographiques, et ce, dès la maternelle (Bégin, 2005a; Morin, 2002a). Le plus étonnant est que certaines connaissances orthographiques générales paraissent s'élaborer par apprentissage implicite avant même l'apprentissage explicite du langage écrit. Des études ont en effet montré que les jeunes enfants ont très précocement une sensibilité aux régularités orthographiques de leur langue (Morin, 2002a; Pacton, Fayol, & Perruchet, 2005b; Pacton, Perruchet, Fayol, & Cleeremans, 2001b).

À cela s'ajoute le rôle de la lecture (exposition à l'écrit, pratique et qualité du décodage et de la calligraphie) ainsi que le niveau des capacités cognitives de l'enfant. Share (1995), par exemple, envisage le développement comme un mécanisme d'autoapprentissage par lequel chaque recodage phonologique contribuerait à développer les connaissances orthographiques spécifiques des mots rencontrés. D'autres facteurs tels que la quantité et la qualité de l'exposition à l'écrit, la capacité de porter attention aux détails orthographiques, les capacités de mémoire visuelle et lexicale contribuent également à la mémorisation des connaissances orthographiques. Ceci suppose que la procédure de mémorisation dépende de la fréquence d'exposition aux mots ainsi que de la nature et de la réussite de l'identification suite au décodage phonologique. Ainsi, les mots fréquents seraient traités par un processus orthographique avec un traitement phonologique minimal. Toutefois, l'hypothèse de l'autoapprentissage ne permet pas d'expliquer le fait que certains individus, malgré un traitement phonologique et un décodage adéquats, ainsi qu'une exposition importante, ne parviennent pas à acquérir des connaissances lexicales orthographiques.

Depuis les trois dernières décennies, les recherches sur l'acquisition de la lecture et de l'orthographe se sont majoritairement centrées sur le rôle du traitement phonologique (Écalle & Magnan, 2002a, pour une synthèse en français). Il y a un large consensus voulant que les capacités de traitement phonologique (encodage, rétention, rappel et manipulation des représentations phonologiques) et l'apprentissage du langage écrit entretiennent des relations fortes et spécifiques. Plusieurs études ont montré un lien important entre la capacité de traitement phonologique et les performances précoces en

lecture et en orthographe (Écalle & Magnan, 2002a, pour une synthèse en français; Frank, Deborah, Marianne, & Flowers, 2005). Ce lien a également été observé dès la maternelle dans des tâches d'orthographe inventée (Morin, 2002a; Silva & Alves Martins, 2003). De plus, les nouvelles techniques d'imagerie cérébrale (Eden et *al.*, 2004), montrent l'incidence positive d'un entraînement de traitement phonologique sur les performances en lecture et en orthographe.

Il est toutefois manifeste que les capacités de traitement phonologique ne permettent pas à elles seules d'expliquer le développement du langage écrit, en particulier celui des connaissances lexicales orthographiques. En effet, des études ont montré des cas de dyslexie montrant des difficultés spécifiques à acquérir des connaissances orthographiques bien qu'ils disposent d'une capacité de traitement phonologique tout à fait normale (Bosse, Tainturier, & Valdois, 2007a; Valdois et al., 2003).

Les études comportementales de Dreyer, Luke, & Melican (1995b) et de Poncelet, Schyns, & Majerus (2003) corroborent l'hypothèse voulant qu'un lien existe entre la capacité de mémoriser des représentations orthographiques et l'acquisition du lexique orthographique. Ces premiers ont en effet montré une corrélation significative entre la capacité de rétention des représentations orthographiques et les compétences lexicales orthographiques et leur étude suggère que cette capacité de rétention évaluée en troisième année scolaire serait prédictive des compétences orthographiques en septième année. L'étude de Poncelet et ses collaborateurs a montré que des adultes qui avaient relativement bien récupéré en lecture d'une dyslexie développementale, présentaient toujours des difficultés importantes et persistantes en orthographe lexicale en raison d'un déficit sévère à maintenir en mémoire à long terme de nouvelles connaissances orthographiques. Ils lisent donc bien mieux qu'ils ne parviennent à orthographier.

De plus, le constat clinique de plaintes relatives à un problème de rétention à long terme des connaissances lexicales orthographiques exprimées par des enfants et des adultes dyslexiques ou non, suggère que la mémoire lexicale orthographique à long terme pourrait jouer un rôle important dans l'apprentissage de la lecture et de l'orthographe. En outre, un trouble dans la capacité de maintien à long terme des

représentations orthographiques en mémoire lexicale serait responsable d'une difficulté à se constituer un lexique orthographique suffisant pour lire et orthographier les mots. Ce trouble mnésique serait spécifique au langage écrit.

Cohen et Dehaene (2004) ont mis en évidence la contribution de la mémoire lexicale orthographique dans le traitement des mots écrits. Ces chercheurs postulent qu'au cours de l'apprentissage du langage écrit, un système neuronal se spécialise progressivement dans le traitement de la forme visuelle des mots dans la région de la voie visuelle ventrale gauche. Ce système aurait pour fonction principale d'encoder, de stocker et de récupérer les propriétés abstraites de l'ensemble de la forme visuelle des lettres et des mots écrits. La mémoire lexicale orthographique peut alors être considérée comme sous la dépendance de ce système neuronal de traitement nommé par ces chercheurs « l'aire de la forme visuelle des mots » (AFVM). L'ensemble de ces représentations orthographiques stockées en mémoire, soit l'ensemble de la FVM, est communément appelé le *lexique orthographique* ou *lexicon orthographique* ou *lexique mental*, dont dispose un sujet pour orthographier les mots par mémoire visuelle.

Des travaux récents en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ainsi que ceux en électrophysiologie, confirment que ce système mnésique joue un rôle déterminant et universel dans l'acquisition et le traitement des mots écrits (Quaglino et al., 2004; Reinke, Fernandes, Schwindt, O'Craven, & Grady, 2008). Située dans la zone occipito-temporale gauche, cette aire serait associée spécifiquement à des traitements des stimuli visuels langagiers. La portion médiane du gyrus fusiforme gauche semble sous-tendre l'accès automatique aux représentations abstraites des lettres et des mots écrits chez les personnes lettrées, quelle que soit la typographie, la couleur ou la casse (Cohen & Dehaene, 2004; Cohen, Jobert, Le Bihan, & Dehaene, 2004; Tarkiainen, Helenius, & Salmelin, 2003). D'autres études en IRMf montrent une évolution très nette de l'augmentation de l'activation de la région occipitale gauche, correspondant à celle que l'on retrouve chez l'adulte, à mesure que le langage écrit s'améliore.

L'AFVM semble correspondre au siège critique des lésions cérébrales responsables de certaines formes de dyslexie acquise (Gaillard et al., 2006) et

développementale (Samuelsson, Bogges, & Karlsson, 2000). En effet, une lésion de cette région chez l'adulte entraîne une sévère incapacité à traiter les mots écrits, tandis que le traitement d'autres formes visuelles (visages, objets, etc.) demeure préservé. Enfin, des données de différentes études suggèrent que l'AFVM est une des régions dont l'activation fonctionnelle est réduite chez les sujets présentant une dyslexie développementale (Cao, Bitan, Chou, Burman, & Booth, 2006a; Kronbichler et al., 2006; McCrory, Mechelli, Frith, & Price, 2005).

Toutes ces études nous fournissent de précieux éléments sur le rôle indispensable et spécifique de la mémoire lexicale orthographique pour le traitement des mots écrits, l'AFVM.

L'objectif de la présente étude est dans un premier temps de rechercher l'existence de liens entre les variabilités relevées dans l'acquisition des connaissances orthographiques et celles relevées dans les facteurs cognitifs associés. L'hypothèse principale qui y est explorée est que l'acquisition du lexique orthographique dépendrait de différentes capacités cognitives indépendantes, notamment des capacités phonologiques, visuoattentionnelles et de mémoire lexicale orthographique (rétention à long terme).

Nous présentons les résultats de cette première étude qui s'inscrit dans le cadre d'une étude longitudinale qui tentera d'établir que la capacité de mémoire lexicale orthographique, évaluée avant même l'apprentissage du langage écrit chez des enfants tout-venant, est en fait prédictive de leur niveau ultérieur de lecture et d'orthographe.

2. Méthodologie

2.1. Participants

L'étude porte sur un échantillon de 338 enfants québécois, de 5 ans 7 mois en moyenne, scolarisés en maternelle (grande section). Ces enfants sont issus d'un milieu socioéconomique moyen et proviennent de différentes écoles publiques des régions de la ville de Montréal et de la ville de Québec. Ils ont tous été évalués en mai 2006.

La sélection des sujets de l'étude a été réalisée par l'enseignant(e) des élèves. Les enfants sont de langue maternelle française et ont un comportement et une intelligence paraissant se situer dans la moyenne des enfants de leur âge. Des lettres de consentement de participation à la recherche ont été signées par l'un des parents de chaque enfant.

Ont été exclus de la sélection de l'échantillon les enfants présentant un déficit sensorimoteur, un retard ou trouble du langage, de même que toute autre comorbidité fonctionnelle ou tout autre trouble de santé (déficience intellectuelle, épilepsie, syndrome Gilles de la Tourette, etc.).

Le recrutement a été réalisé dans les commissions scolaires où la chercheuse principale (orthophoniste) avait établi des contacts lors de collaborations ou d'activités de formations antérieures.

Cette recherche a été approuvée par le Comité scientifique des sciences biomédicales de l'Université de Montréal et par le comité d'éthique de la recherche de l'Institut universitaire de Gériatrie de Montréal.

2.2. Matériel

Le matériel est constitué d'épreuves pouvant être administrées en groupe. Il a été choisi de façon à évaluer les facteurs cognitifs présumés en jeu dans l'apprentissage des connaissances orthographiques, soit les capacités de traitement phonologique, d'attention visuelle et de mémoire lexicale orthographique. Le matériel est également constitué d'épreuves visant à évaluer le niveau préalable des connaissances orthographiques dont disposent les apprentis scripteurs. Avant la passation de chaque épreuve, une phase d'entraînement a été prévue.

2.2.1. Épreuve de connaissances lexicales orthographiques (CLO): Plusieurs études cherchant à décrire les processus d'acquisition et de traitement de l'orthographe (Montésinos-Gelet & Besse, 2003; Morin, 2002a; Paza, Creuzet, & Fijalkow, 2006)

observent chez un même enfant des procédures de traitement orthographique concurrentes, et ce, avant même l'apprentissage formel de l'écrit (maternelle 5 ans). Le développement des connaissances lexicales orthographiques en production se traduit par une amélioration graduelle de la qualité et du nombre de bonnes réponses orthographiques (Pacton, Foulin, & Fayol, 2005).

Afin d'évaluer ces compétences, les apprentis scripteurs de maternelle ont été soumis à une tâche d'orthographe inventée, tâche qui permet d'induire différents types de traitements, dont les traitements phonologique et orthographique, et d'évaluer les connaissances lexicales orthographiques de façon plus précise que ne le ferait une tâche de reconnaissance. Cette tâche implique l'écriture de 2 phrases comportant respectivement 4 mots de structure syllabique simple de 1 à 2 syllabes (« Le bébé fait dodo. » ; « J'aime ma maman. »). Le choix des mots a été motivé par leur fréquence en lecture (base de données Manulex niveau CP (Peereman, Lete, & Sprenger-Charolles, 2007; Pothier & Pothier, 2003), par leur régularité, par leur facilité à être transcrits selon l'échelle d'acquisition en orthographe lexicale. Les mots fréquents et connus de l'enfant favorisent un traitement orthographique ; les mots inconnus de l'enfant induisent un traitement phonologique.

L'expérimentateur présente d'abord aux enfants l'image illustrant la phrase à écrire. Il les invite ensuite à écrire sous l'image la phrase dictée en leur demandant d'utiliser de leur mieux leurs connaissances en langage écrit. La grille d'analyse utilisée pour quantifier les connaissances orthographiques des enfants vise à évaluer les connaissances lexicales orthographiques. Les critères adoptés pour coter les productions des jeunes scripteurs permettent de tenir compte de l'évolution de leurs connaissances.

L'orthographe spécifique à mot dépend généralement de 1 ou 2 lettres de ce mot et non de l'ensemble de ses constituants ; c'est ce qui la différencie de l'orthographe phonologique. C'est pourquoi pour évaluer les connaissances lexicales orthographiques, nous avons opté pour l'utilisation de la lettre comme mesure, plutôt que d'évaluer le mot comme un tout ; la lettre permet en effet de tenir compte de l'évolution de la précision

des représentations lexicales orthographiques (ex. : b*b* ; bebe ; bèbè ; bébé). Les critères de cotation étaient les suivants :

Un point est accordé pour chaque lettre produite dans la bonne séquence qui respecte l'orthographe du mot (ex. : « fait » écrit « fit » vaut 3 points). Un point est accordé pour la production adéquate de chaque signe diacritique (ex. : « bébé » vaut 6 points). Un demi-point est retranché chaque fois que 2 lettres consécutives sont produites dans une séquence inverse (ex. : « le » écrit « el » vaut 1,5 point). Un demi-point est également retranché pour chaque substitution de lettre correspondant à une des confusions visuelles suivantes : b/d ; d/b ; m/n (ex. : « bébé » écrit « dédé » vaut 5 points). Seulement un demi-point est accordé pour l'utilisation d'un signe diacritique inversé (ex. « bébé » écrit « bèbè » vaut 5 points). Le score maximal est de 29.

Les trois autres épreuves ont été conçues pour évaluer les rôles respectifs des facteurs cognitifs suivants, le traitement phonologique, l'attention visuelle et la mémoire lexicale orthographique, sur l'apprentissage orthographique de nouveaux mots.

2.2.2. Épreuve de traitement phonologique (TP) : La capacité de traitement phonologique a été évaluée au moyen d'une tâche de localisation d'un phonème dans la syllabe d'un mot.

L'épreuve comprend 8 mots imagés contenant tous le phonème *a*, de longueurs et de complexités variables (5 bisyllabiques et 3 trisyllabiques ; 5 structures simples de type CV (ex. : *chapeau*) et 3 structures complexes de type CVC (ex. : *escargot*) et un mot, *lavabo*, comprenant deux phonèmes *a*). Sur la même ligne que le mot se trouvent des cercles vides représentant les syllabes. Chaque image a été dénommée par l'expérimentateur. Immédiatement après, les enfants ont été invités à localiser le phonème /a/ dans la syllabe du mot en inscrivant un x dans le cercle correspondant à cette syllabe. Par exemple, pour le mot *chapeau*, l'enfant devait faire un x dans le premier cercle correspondant à la syllabe contenant le phonème *a*. Le score maximal de cette épreuve est de 9 points.

2.2.3. Épreuve de traitement visuoattentionnel (TVA): Cette épreuve a pour but d'évaluer les capacités visuoattentionnelles. Elle consiste en une épreuve de repérage d'une ou deux séquences cibles de 5 lettres parmi un ensemble de distracteurs, comportant d'autres séquences de 5 lettres. La tâche est présentée sur une feuille avec deux colonnes sur chaque ligne. La première colonne contient la cible et la seconde, les 5 items parmi lesquels l'enfant doit repérer la cible. Au total, la tâche comporte 13 séquences cibles à repérer. Par exemple, la séquence cible MOTAL devait être choisie deux fois parmi MOTAL MOTHL MOTAF MOTAL. Cette épreuve est réalisée dans un temps limité de 5 minutes. La limitation du temps oblige l'enfant à traiter l'ensemble de chaque séquence globalement pour réussir l'épreuve. Un point est accordé pour chaque séquence repérée, pour un score maximal de 13 points.

2.2.4. Épreuves de mémoire lexicale orthographique à court (M à CT) et à long (M à LT) terme : La mémoire lexicale orthographique à court et à long terme a été évaluée au moyen d'une épreuve de rappel immédiat et différé de mots appris dans une tâche de production écrite. Cette épreuve s'est déroulée en deux temps : le temps 1 correspondant à la journée de la passation des épreuves et le temps 2 correspondant à 7 à 8 jours suivant le temps 1, le délai entre les deux rappels ayant pour but de mesurer les capacités de maintien à long terme des mots appris. L'épreuve comporte 3 mots écrits, *eau – six – dodo*, que l'enfant apprend à orthographier en recopiant 8 fois chaque mot sous l'image lui correspondant. Aussitôt après que les enfants aient recopié les mots, un premier rappel (rappel immédiat) a été réalisé (temps 1). L'expérimentateur a invité les enfants à écrire de mémoire les 3 mots sous leur image correspondante. Puis, un deuxième rappel (rappel à long terme) a été effectué 7 à 8 jours suivant le premier rappel. Les mots choisis sont de haute fréquence tant à l'oral qu'à l'écrit, mais représentent des degrés de régularité variables, ce qui permet d'évaluer si l'enfant les a mémorisés ou non. Les mots *eau* et *six* doivent nécessairement avoir été mémorisés visuellement pour être orthographiés correctement.

Bien que pour certains théoriciens, le simple fait d'avoir à écrire un mot en copie sollicite la mémoire à long terme plus qu'à court terme, en raison du temps requis pour

effectuer l'activité, dans cette thèse le rappel immédiat après la copie sera considéré comme une évaluation de la mémoire à court terme.

Afin d'étudier les différents processus mnésiques qui sous-tendent l'acquisition du lexique orthographique, nous avons tenté d'isoler les mécanismes d'apprentissage hypothétiquement mis en œuvre par les jeunes scripteurs pour acquérir la représentation visuelle des mots proposés. Par mécanisme d'apprentissage, nous entendons les mécanismes à la base des associations mot oral – mot écrit – signification. Cette épreuve est cotée sur 10 points pour chacun des mécanismes identifiés ci-dessous et les scores ont été comptabilisés séparément pour chacune des deux tâches de mémoire.

2.2.4.1. Mémoire visuo-spatiale (vs) : un point est accordé chaque fois qu'une lettre de l'un des mots occupe la position qu'elle doit occuper lorsque le mot est bien orthographié (première, deuxième, ..., dernière position) dans la bonne position indépendamment de l'image sous laquelle apparaît la lettre. Par exemple, 1 point est accordé si la lettre *x*, du mot *six*, occupe la dernière position du mot, quelle que soit l'image avec laquelle cette lettre est pairée.

2.2.4.2. Mémoire visuelle (v) : un point est accordé pour chaque lettre rappelée indépendamment de l'image sous laquelle apparaît la lettre et de sa position dans le mot. Par exemple, 5 points sont accordés pour l'ensemble des lettres suivantes quelle que soit l'image avec laquelle elles sont pairées : *bobo eo sis*.

2.2.4.3. Mémoire visuo-séquentielle (vq) : un point est accordé par lettre chaque fois que 2 lettres sont rapportées dans la bonne séquence, indépendamment de l'image sous laquelle elle est inscrite. Par exemple, 2 points sont accordés pour les deux premières lettres de la séquence *sis*, car elles sont dans la bonne séquence.

2.2.4.4. Mémoire visuo-associative (va) : un point est accordé pour chaque lettre rappelée sous la bonne image, quelle que soit sa position dans le mot. Par exemple, 2 points sont accordés pour la séquence *is* si celle-ci est sous l'image représentant le chiffre 6.

2.3. Procédure expérimentale

Les enfants ont été évalués collectivement dans le cadre de la classe, par des orthophonistes ou des orthopédagogues, en mai 2006. Toutes les épreuves ont été réalisées au cours d'une même journée à l'exception de l'épreuve de mémoire lexicale orthographique, notamment le rappel des mots appris, qui a été réalisé en 2 temps ; le premier rappel a été effectué la même journée que l'ensemble des autres épreuves et le deuxième rappel, 7 à 8 jours suivant la passation de l'ensemble des épreuves. La procédure comprend une période d'entraînement lorsque l'épreuve s'y prête. L'évaluation a été présentée comme un jeu dans lequel les enfants étaient invités à faire semblant d'être en première année et donc de savoir lire et écrire. L'expérimentateur devait leur exprimer le fait que certaines tâches allaient leur apparaître difficiles compte tenu du fait qu'ils ne savaient pas encore lire et écrire, mais il leur demandait de faire de leur mieux en utilisant toutes leurs connaissances.

3. Résultats

Rappelons que l'étude porte sur un échantillon de 338 enfants (174 filles et 164 garçons) d'âge moyen de 5 ans et 7 mois. Les scores moyens et écarts types à l'épreuve de connaissances orthographiques, ainsi qu'aux épreuves de traitement phonologique ou visuoattentionnel, de mémoire lexicale à court et à long terme, des enfants ayant participé à notre étude figurent dans le Tableau 1.

3.1. Résultats de l'épreuve mesurant les connaissances lexicales orthographiques

Les résultats de l'évaluation des connaissances orthographiques en production de phrases montrent que les enfants de maternelle produisent déjà un taux moyen d'environ 10 des 26 lettres et signes diacritiques de l'ensemble des lettres et des signes diacritiques

qui satisfont à la norme orthographique des mots des 2 phrases, ce qui correspond à un taux moyen 36,30 %. Toutefois, la variation intersujet est relativement élevée (ET = 26).

3.2. Résultats des épreuves mesurant les facteurs cognitifs

Comme le montre le Tableau 1, l'épreuve de localisation de phonèmes dans la syllabe des mots s'est avérée facile pour les enfants de maternelle. Ils ont été en mesure de localiser en moyenne plus de 7 des 9 phonèmes qu'on leur a présentés.

L'épreuve d'attention visuelle mesurée à partir d'une tâche de barrage de séquences de lettres n'a pas semblé poser de difficulté aux enfants. L'ensemble des enfants a pu identifier en moyenne 10 des 13 séquences qu'on leur a présentées.

Par ailleurs, comme il est aisé de le constater, les scores obtenus à l'épreuve de mémoire lexicale orthographique à court terme (m Mvs = 8,96 ; m Mv = 9,03 ; m Mvq = 8,64 ; m Mva = 8,76) sont supérieurs à ceux de l'épreuve de mémoire lexicale orthographique à long terme (m Mvs = 6,38 ; m Mv = 7,05 ; m Mvq = 5,49 ; m Mva = 6,61). En rappel immédiat, le nombre des lettres des mots correctement produits était en moyenne de 9 sur un total de 10 que comportaient les mots appris. Dans ce rappel, 8 lettres sont rapportées dans la bonne séquence, 8 lettres occupent le bon espace et 8 lettres sont associées à la bonne image. En rappel à long terme, les enfants produisent encore en moyenne 7 lettres, mais seulement 5 sont dans la bonne séquence, 6 occupent le bon espace et 6 sont associées à la bonne image. En examinant chacun des mécanismes mnésiques (visuo-spatial, visuel, visuo-séquentiel et visuo-associatif), nous observons que c'est l'aspect séquentiel de la mémoire qui pose le plus de difficultés en rappel à long terme, tandis que l'aspect visuo-associatif semble faciliter le maintien.

Tableau 1. Moyennes et écarts types des scores obtenus à l'épreuve de connaissances lexicales orthographiques et de traitement phonologique et visuo-attentionnel, de mémoire lexicale orthographique à court et à long terme

	N	Minimum	Maximum	Moy.	Écart-type
Âge en mois	338	65	81	74,51	3,36
CLO (%)	324	0	100	36,30	25,26
TP	338	2	9	7,85	1,58
TVA	335	0	13	10,55	2,81
Mvs à CT	332	0	10	8,96	1,89
Mv à CT	332	0	10	9,03	1,80
Mvq à CT	332	0	10	8,64	2,23
Mva à CT	332	0	10	8,76	2,17
Mvs à LT	330	0	10	6,38	2,51
Mv à LT	330	0	10	7,05	2,41
Mvq à LT	330	0	10	5,49	2,98
Mva à LT	330	0	10	6,61	2,69

CLO : Connaissances lexicales orthographiques - TP : Traitement phonologique - TVA : Traitement visuoattentionnel - Ms : M visuo-spatial – Mv : Mémoire visuelle - Mvq : Mémoire visuo-séquentielle – Mva : Mémoire visuo-associative - CT : Court terme – LT : long terme

Un test de T de Student païré a été effectué afin d'examiner si la différence des performances observée en fonction du temps de rappel est statistiquement significative. Le Tableau 2 montre la comparaison des moyennes des scores obtenus en mémoire lexicale à court et à long terme. Les résultats indiquent une différence significative pour tous les aspects de la mémoire étudiés (T Mvs = 18,5 p < 0,0001 ; T Mv = 15,1 p < 0,0001 ; T Mvq = 19,0 p < 0,0001 ; T Mva = 15,2 p < 0,0001).

Tableau 2. Comparaison des moyennes de mémoire lexicale à court et à long terme

		Paire 1	Paire 2	Paire 3	Paire 4	
		Mvs à CT Mvs à LT	Mv à CT Mv à LT	Mvq à CT Mvq à LT	Mva à CT Mva à LT	
Différences	Moyenne	1,900	1,979	3,145	2,142	
	Écart-Type	2,386	2,374	3,013	2,561	
	Std. Error Mean	,131	,131	,166	,141	
	95 %	inf.	1,654	1,722	2,819	1,865
		sup	2,170	2,236	3,472	2,420
	t	14,560	15,139	18,964	15,195	
	df	329	329	329	329	
	Sig. (bilatéral)	,000	,000	,000	,000	

Mv : Mémoire visuo-spatial – Mv : Mémoire visuelle - Mvq : Mémoire visuo-séquentielle – Mva : Mémoire visuo-associative –
CT : Court terme – LT : long terme

Des analyses de corrélation et de régression sont réalisées afin de déterminer les liens entre les variabilités relevées dans l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques et celles relevées dans les différents facteurs cognitifs, traitement phonologique, visuoattentionnel et de mémoire lexicale orthographique, ainsi que leur contribution respective.

Les corrélations observées entre les connaissances lexicales orthographiques et les différents facteurs cognitifs étudiés sont toutes statistiquement significatives au niveau 0.01 bilatéral.

La capacité cognitive qui présente le lien le plus fort avec les connaissances lexicales orthographiques est la capacité de mémoire lexicale à long terme et particulièrement celle qui fait intervenir l'aspect visuo-associatif (CLO : $r = 0,51$). Ces coefficients de corrélation d'intensité moyenne indiquent que plus un enfant de maternelle a une bonne capacité à mémoriser des associations, plus ce même sujet

possède des connaissances orthographiques lexicales élevées. Vient ensuite la capacité de traitement phonologique, qui montre des coefficients de corrélation significatifs un peu plus faibles (CLO : $r = 0,34$). Enfin, la capacité de traitement visuoattentionnel est celle qui montre la moins forte corrélation (CLO : $r = 0,29$).

Les différentes mesures de mémoire lexicale orthographique à long terme apparaissent fortement et significativement corrélées entre elles (r compris entre 0,88 et 0,90), mais beaucoup moins avec les différentes mesures de mémoire lexicale orthographique à court terme (r compris entre 0,38 et 0,46), ce qui révèle des processus sous-jacents différents. Cela signifie qu'un sujet peut très bien mémoriser les 3 mots appris sous l'effet de la copie, mais ne plus être en mesure de les réévoquer 7 jours plus tard, ce que l'on observe fréquemment chez les enfants présentant un trouble d'apprentissage.

Tableau 3. Corrélations entre les scores aux épreuves de connaissances orthographiques, de traitement phonologique et visuoattentionnel, de mémoire lexicale à court et à long terme

		CLO (%)	TP	TVA	Mvs à CT	Mv à CT	Mvq à CT	Mva à CT	Mvs à LT	Mv à LT	Mvq à LT	Mva à LT
CLO (%)	r	1,000										
TP	r	,343**	1,000									
TVA	r	,292**	,201**	1,000								
Mvs à CT	r	,300**	,119*	,197**	1,000							
Mv à CT	r	,299**	,115*	,179**	,977**	1,000						
Mvq à CT	r	,320**	,105	,176**	,946**	,931**	1,000					
Mva à CT	r	,326**	,128*	,215**	,896**	,891**	,872**	1,000				
Mvs à LT	r	,460**	,160**	,233**	,387**	,358**	,392**	,381**	1,000			
Mv à LT	r	,458**	,161**	,240**	,403**	,392**	,407**	,417**	,885**	1,000		
Mvq à LT	r	,391**	,149**	,239**	,342**	,314**	,361**	,357**	,900**	,827**	1,000	
Mva à LT	r	,505**	,148**	,241**	,435**	,412**	,436**	,463**	,864**	,888**	,817**	1,000

** : La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

* : La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

CLO : Connaissances lexicales orthographiques - TP : Traitement phonologique - TVA : Traitement visuoattentionnel - Mv : Mémoire visuo-spatial – Mv : Mémoire visuelle - Mvq : Mémoire visuo-séquentielle – Mva : Mémoire visuo-associative - CT : Court terme –
LT : long terme

Des analyses de régression pas à pas ont été effectuées afin de déterminer lesquels des facteurs cognitifs étudiés (variables dépendantes) apportent une contribution explicative des connaissances lexicales orthographiques (variable dépendante). Le Tableau 4 présente les résultats de cette analyse.

L'analyse de régression linéaire (méthode pas à pas) montre l'effet des trois variables pouvant expliquer l'ensemble de la variabilité des connaissances lexicales orthographiques spécifiques : le traitement phonologique et visuoattentionnel ainsi que la

mémoire lexicale orthographique à long terme. Cette dernière a été évaluée à travers 4 composantes précédemment citées, mais nous ne retiendrons que la dernière, mémoire visuo-associative à long terme, car elle seule apporte une contribution significative. Les trois variables expliquent, dans leur ensemble, plus du tiers de la variabilité des connaissances lexicales orthographiques (35 % $p < 0,001$) des enfants de maternelle. L'épreuve de traitement phonologique apporte une contribution significative de 8 % des connaissances lexicales orthographiques. L'attention visuelle n'apporte qu'une faible contribution (1,3 %). Enfin, la mémoire visuo-associative à long terme apporte la contribution la plus importante en expliquant à elle seule 25,5 % des connaissances lexicales orthographiques. Les résultats de l'analyse de régression permettent de conclure que la contribution des trois variables apparaît indépendante et spécifique aux connaissances lexicales orthographiques.

Tableau 4. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas à pas) où la variable dépendante est les connaissances lexicales orthographiques

Modèle	R	R -deux	R-deux ajusté	Erreur standard de l'estimation
1	,505 ^a	,255	,253	21,81673
2	,580 ^b	,336	,332	20,62519
3	,592 ^c	,351	,345	20,43064
a. Valeurs prédites: (Constantes), Mva à LT				
b. Valeurs prédites: (Constantes), Mva à LT, TP				
c. Valeurs prédites: (Constantes), Mva à LT, TP, TVA				

4. Discussion et conclusion

La mémoire lexicale orthographique à long terme joue clairement un rôle déterminant dans l'identification et la production orthographique des mots et s'avère nécessaire à l'apprentissage du langage écrit. En effet, le système d'écriture du français appartient à la famille des systèmes d'écriture dits morphophonologiques. Ce système

représente le langage oral à la fois sur le plan phonologique et morphologique. Du fait de la pluralité graphémique et de la présence de marques morphologiques qui n'ont pas d'homologues à l'oral, il est nécessaire de disposer d'une bonne mémoire lexicale orthographique à long terme pour acquérir une représentation orthographique précise de nombreux mots. De plus, même pour représenter la forme orthographique non conventionnelle des mots, l'enfant doit disposer en mémoire des différents graphèmes qui correspondent aux unités phonologiques repérées. Ainsi, même si un enfant possède une bonne capacité de traitement phonologique, s'il ne peut mémoriser les graphèmes correspondant aux phonèmes, il lui sera impossible de produire les phonogrammes composant les mots. Le maintien en mémoire à long terme des représentations orthographiques des mots, quelle que soit la longueur des représentations graphiques des unités linguistiques (mots, morphèmes, graphèmes, lettres), est donc essentiel. Une capacité mnésique déficitaire peut en conséquence entraîner des troubles d'apprentissage de la lecture et de l'orthographe. De façon générale, des difficultés à maintenir les informations linguistiques en mémoire lexicale orthographique, constitueraient un facteur susceptible d'expliquer les troubles d'apprentissage du langage écrit. Il pourrait également expliquer le fait que certains individus montrent des performances dans la norme en lecture, mais accusent un retard à l'écrit dans l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques (Eme & Golder, 2005a). De fait, les connaissances orthographiques requises pour produire la forme conventionnelle des mots sont beaucoup plus précises que celles que nécessite la lecture de ces mêmes mots.

L'objectif de cette étude était d'établir l'existence d'un lien entre la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme et le niveau des connaissances orthographiques des enfants de maternelle dans une tâche d'orthographe inventée. Cette capacité devrait contribuer de façon indépendante au niveau des connaissances orthographiques.

L'étude a porté sur un échantillon de 338 enfants de 5 ans 7 mois en moyenne scolarisés en maternelle. Des épreuves évaluant les facteurs cognitifs présumés en jeu dans l'apprentissage de nouvelles connaissances orthographiques, notamment les capacités de traitement phonologique, de traitement visuoattentionnel et de mémoire

lexicale orthographique à long terme, ainsi qu'une épreuve évaluant le niveau des connaissances lexicales orthographiques leur ont été présentées lors d'une passation collective. À ce niveau, aucun enseignement explicite ne leur avait encore été prodigué en langage écrit.

Les différentes mesures nous ont permis d'observer la précocité des connaissances lexicales orthographiques des élèves de maternelle. En effet, en maternelle, seuls le nom des lettres de l'alphabet et les correspondances graphèmes - phonèmes de base sont enseignés de façon explicite, du moins dans les écoles qui ont participé à cette étude. L'orthographe des mots ne fait donc pas partie de l'enseignement explicite requis par le Ministère de l'Éducation au Québec. Même si ces enfants doivent nécessairement utiliser les connaissances, portant sur les correspondances qui leurs ont été enseignées à l'école, orthographier des mots suppose nécessairement de leur part d'utiliser des connaissances orthographiques acquises de façon implicite.

Les résultats les plus importants de cette étude sont ceux portant sur le lien entre trois facteurs cognitifs et le niveau des connaissances lexicales orthographiques. L'analyse corrélationnelle montre que les capacités de traitement phonologique et visuoattentionnel ainsi que de mémoire lexicale orthographique sont toutes significativement corrélées au niveau des connaissances orthographiques lexicales. La capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme est celle qui montre la plus forte corrélation. Ce résultat n'est pas surprenant, car comme mentionné, la production de toutes formes écrites, demande de faire appel aux connaissances stockées en mémoire lexicale orthographique à long terme; viennent ensuite dans l'ordre, les capacités de traitement phonologique et enfin, la capacité de traitement visuoattentionnel.

Les analyses de régression réalisées montrent que c'est le niveau de la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme qui rend compte de la part de variance la plus importante des connaissances orthographiques lexicales en production écrite, plus particulièrement, le mécanisme qui fait intervenir l'aspect visuo-associatif. Autrement dit, la capacité de mémoire lexicale orthographique permet d'accroître le niveau des connaissances orthographiques lexicales. La capacité de traitement phonologique et la

capacité d'attention visuelle sont également des facteurs qui contribuent de façon indépendante aux connaissances orthographiques lexicales. L'analyse de régression montre que, contrairement à ce qui a été longtemps avancé par les théoriciens du langage écrit, les capacités de traitement phonologique et visuoattentionnel ne sont pas les seules à intervenir, puisque la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme contribue de façon importante et indépendante à l'acquisition des connaissances orthographiques spécifiques en production écrite. Cette contribution est même plus importante que celle du traitement phonologique, puisqu'elle expliquerait environ 25 % de la variabilité des connaissances lexicales orthographiques tandis que la capacité de traitement phonologique n'apporte qu'une contribution de 8 %.

Cette étude apporte une contribution importante à la compréhension des facteurs cognitifs mis en jeu dans le développement des connaissances orthographiques, tout particulièrement du rôle des capacités mnésiques visuelles sur le développement des connaissances lexicales orthographiques.

Rien ne permet de conclure à ce stade de l'expérimentation qu'il y a une relation de cause à effet entre les connaissances lexicales orthographiques et les compétences en mémoire lexicale orthographique. Une étude complémentaire est en cours afin de déterminer si cette capacité de mémoire permettra de prédire le niveau ultérieur de lecture et d'orthographe chez ces mêmes enfants lorsqu'ils seront en première puis deuxième année d'apprentissage formel de l'écrit. Si un tel lien est démontré, on pourra alors établir une relation causale.

Ces différents résultats incitent à poursuivre l'étude de la capacité de la mémoire lexicale orthographique à long terme auprès d'une population présentant une forme de dyslexie et/ou de dysorthographe pour nous permettre de mieux comprendre l'hétérogénéité de cette population. Un déficit isolé dans le maintien des représentations orthographiques, tout comme un déficit isolé de traitement phonologique ou un double déficit, pourrait conduire à de faibles performances en langage écrit. Le déficit toucherait davantage les connaissances lexicales orthographiques puisque celles-ci dépendent directement de la capacité du sujet à mémoriser un grand nombre d'associations.

Les résultats de cette étude, voulant que différents facteurs contribuent de façon significative et indépendante à l'établissement des connaissances orthographiques, ont une extrême importance puisqu'ils sont susceptibles de modifier les pratiques sur le plan de l'enseignement, du dépistage, de l'évaluation ainsi que de la prise en charge rééducative. Les résultats de l'étude longitudinale en cours permettront de confirmer ou non si la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme est un facteur prédictif majeur des compétences ultérieures en langage écrit.

5. Bibliographie

- Ahmed, S., & Lombardino, L. J. (2000). Invented spelling: An assessment and intervention protocol for kindergarten children. *Communication Disorders Quarterly*, 22(1), 19.
- Alegria, J., & Mousty, P. (1996). The development of spelling procedures in French-speaking, normal and reading-disabled children: effects of frequency and lexicality. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(2), 312-338.
- ANLCI. (2003). *Lutter ensemble contre l'illettrisme - Cadre national de référence*. Paris.
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105(4), 678-723.
- Baluch, B., & Danaye-Tousie, M. (2006). Memory for words as a function of spelling transparency. *Journal of Psychology*, 140(2), 95-104.
- Bégin, C. (2005a). *L'évolution des écritures provisoires et l'orthographe lexicale des élèves francophones de la première à la quatrième année du primaire*. Université Laval, Québec.
- Bégin, C. (2005b). *L'évolution des écritures provisoires et l'orthographe lexicale des élèves francophones de la première à la quatrième année du primaire*. Unpublished Maîtrise, Université Laval, Québec.
- Besse, J.-M. (2000). *Regarde comme j'écris! Écrits d'élèves, regards d'enseignants*. Paris: Magnard.
- Besse, J.-M., & Montésinos-Gelet, I. (2003). La séquentialité phonogrammique en production d'orthographe inventées. *Revue des sciences de l'éducation*, 29, 159-170.
- Bosse, M.-L., Commandeur-Lacôte, P., & Limbert, L. (2007). La mémorisation de l'orthographe d'un mot lu en fonction du traitement visuel pendant la lecture. *Revue Psychologie et Education*, 1, 47-58.
- Bosse, M.-L., Tainturier, M.-J., & Valdois, S. (2007a). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*(104), 198-230.
- Bosse, M.-L., Tainturier, M.-J., & Valdois, S. (2007b). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*.

- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2003). Patterns of developpemental dyslexia according to a multi-trace of reading. *Current psychology letters*, 1(10).
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading* 230-253.
- Bosse, M.-L., Valdois, S., & Tainturier, M. J. (2003a). Analogy without priming in early spelling development Reading and Writing. *Reading and Writing*, 16, 693-716.
- Bosse, M. L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007c). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104(2), 198-230.
- Bosse, M. L., Valdois, S., & Tainturier, M. J. (2003b). Analogy without priming in early spelling development *Reading and Writing*, 16, 693-716.
- Bowey, J. A., & Muller, D. (2005). Phonological recoding and rapid orthographic learning in third-graders' silent reading: A critical test of the self-teaching hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92(3), 203-219.
- Brodeur, M., Gosselin, C., Mercier, J., Legault, F., & Vanier, N. (2005). Prévention des difficultés d'apprentissage en lecture : l'effet différencié d'un programme implanté par des enseignantes de maternelle chez leurs élèves. *Éducation et francophonie*, 34(2), 56-83.
- Bruck, M., Genesee, F., & Caravolas, M. (1997). A cross-linguistic study of early literacy acquisition. In B. Blachman (Ed.), *Foundations of reading acquisition and dyslexia: Implications for early intervention* (Vol. 145–162). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cao, F., Bitan, T., Chou, T. L., Burman, D. D., & Booth, J. R. (2006a). Deficient orthographic and phonological representations in children with dyslexia revealed by brain activation patterns. *J Child Psychol Psychiatry*, 47(10), 1041-1050.
- Cao, F., Bitan, T., Chou, T. L., Burman, D. D., & Booth, J. R. (2006b). Deficient orthographic and phonological representations in children with dyslexia revealed by brain activation patterns. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*(47), 1041-1050.

- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The Foundations of Spelling Ability: Evidence from a 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Memory and Language, 45*(4), 751-774.
- Caravolas, M., Volin, J., & Hulme, C. (2005). Phoneme awareness is a key component of alphabetic literacy skills in consistent and inconsistent orthographies: Evidence from Czech and English children. *Journal of Experimental Child Psychology*(92), 107-139.
- Casalis, S. (2004). Troubles phonologiques et sous-types de la dyslexie du développement. In A. Valdois, P. Colé & D. David (Eds.), *Apprentissage de la lecture et Dyslexies développementales*. Marseille: Solal.
- Catach, N. (1978). *L'orthographe*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *Neuroimage, 22*(1), 466-476.
- Cohen, L., Dehaene, S., Vinckier, F., Jobert, A., & Montavont, A. (2008). Reading normal and degraded words: contribution of the dorsal and ventral visual pathways. *Neuroimage, 40*(1), 353-366.
- Cohen, L., Jobert, A., Le Bihan, D., & Dehaene, S. (2004). Distinct unimodal and multimodal regions for word processing in the left temporal cortex. *Neuroimage, 23*(4), 1256-1270.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001a). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychol Rev, 108*(1), 204-256.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001b). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review, 108*(1), 204-256.
- Courcy, A. (2000). *Conscience phonologique et Apprentissage de la lecture*. Université de Montréal, Montréal.
- David, D. (2003a). Les procédures orthographiques dans les productions écrites des jeunes enfants. *Revue des sciences de l'éducation, 29*(1), 1-19.
- David, J. (2003b). Linguistique génétique et acquisition de l'écriture *Faits de langue, 37*.

- David, J. F., Jack, M. F., Karla, K. S., Lyon, G. R., & et al. (2005). Psychometric Approaches to the Identification of LD: IQ and Achievement Scores Are Not Sufficient. *Journal of Learning Disabilities*, 38(2), 98.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 335-341.
- Demont, E., & Botzung, A. (2003). Contribution de la conscience phonologique et de la mémoire de travail aux difficultés en lecture. *L'Année psychologique*, 104, 377-410.
- Dreyer, L., Luke, S., & Melican, E. (1995a). Children's Acquisition and Retention. In V. W. Berninger (Ed.), *The Varieties of Orthographic Knowledge - Relationships to Phonology, Reading, and Writing* (Vol. 2). London: Kluwer Academic.
- Dreyer, L., Luke, S., & Melican, E. (1995b). Children's Acquisition and Retention. In V. W. Berninger (Ed.), *The Varieties of Orthographic Knowledge - Relationships to Phonology, Reading, and Writing* (Vol. 2, pp. 291-320). London: Kluwer Academic.
- Écalle, J. (2003). Développement des processus d'identification des mots écrits: une étude transversale entre 6 et 8 ans. *Rééducation Orthophonique*, 41(213), 77-96.
- Écalle, J., & Magnan, A. (2002a). *L'apprentissage de la lecture*. Paris: Armand Collin.
- Écalle, J., & Magnan, A. (Eds.). (2002b). *L'apprentissage de la lecture*. Paris: Armand Collin.
- Écalle, J., Magnan, A., & Bouchafa, H. (2002). Le développement des habiletés phonologiques avant et au cours de l'apprentissage de la lecture : de l'évaluation à la remédiation. *Glossa*, 82, 4-12.
- Eden, G. F., Jones, K. M., Cappell, K., Gareau, L., Wood, F. B., Zeffiro, T. A., et al. (2004). Neural changes following remediation in adult developmental dyslexia. *Neuron*, 44(3), 411-422.
- Ehri, L. C. (2005). Learning to Read words: Theory, Findings, and Issues. *Scientific Studies of Reading*, 9, 167-188.
- Elischberger, H. B. (2005). The effects of prior knowledge on children's memory and suggestibility. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92(3), 247-275.

- Ellis, N., & Cataldo, S. (1990). The role of spelling in learning to read. *Language and Education*(4), 1-28.
- Eme, E., & Golder, C. (2005a). Word-reading and word-spelling styles of French beginners: Do all children learn to read and spell in the same way? *Reading and Writing, 18*(2), 157-188.
- Eme, E., & Golder, C. (2005b). Word-reading and word-spelling styles of French beginners: Do all children learn to read and spell in the same way? *Reading and Writing, 18*, 157–188.
- Fayol, M. (2006a). L'orthographe et son apprentissage. *Observatoire National de la lecture (ONL)*, 53-73.
- Fayol, M. (2006b). *L'orthographe et son apprentissage-L'orthographe et la grammaire*. Paper presented at the Actes Journée nationale de l'Observatoire national de la lecture.
- .
- Fayol, M., Zorman, M., & Lété, B. (2008). Associations and dissociations in reading and spelling French. Unexpectedly poor and good spellers. *British Journal of Educational Psychology, 58*, 952–977.
- Francis, D. J., Fletcher, J. M., Stuebing, K. K., Lyon, G. R., Shaywitz, B. A., & Shaywitz, S. E. (2005). Psychometric approaches to the identification of LD: IQ and achievement scores are not sufficient. *Journal of Learning Disabilities*(38), 98-108.
- Frank, B. W., Deborah, F. H., Marianne, S. M., & Flowers, D. L. (2005). Predictive Assessment of Reading. *Annals of Dyslexia, 55*(2), 193.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In J.-C. M. e. M. C. K Patterson (Ed.), *Surface Dyslexia. Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*: HillsdaleL. Erlbaum.
- Frost, J. (2001). Phonemic awareness, spontaneous writing, and reading and spelling development from a preventive perspective. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal, 14*, 487–513.
- Frost, J. (2005). Phonemic awareness, spontaneous writing, and reading and spelling development from a preventive perspective *Reading and Writing, 14*, 487-513.

- Gaillard, R., Naccache, L., Pinel, P., Clemenceau, S., Volle, E., Hasboun, D., et al. (2006). Direct intracranial, fMRI, and lesion evidence for the causal role of left inferotemporal cortex in reading.[see comment]. *Neuron*, 50(2), 191-204.
- Génard, N., Mousty, P., & Alegria, J. (2004). Troubles phonologiques et sous-types de la dyslexie du développement. In A. Valdois, P. Colé & D. David (Eds.), *Apprentissage de la lecture et Dyslexies développementales* (pp. 113-146). Marseille: Solal.
- Gentry, J. R. (1982). An analysis of developmental spelling in GNYS at WRK. *The Reading Teacher*, 36, 192-200.
- Gombert, J.-E. (2003). Implicit and Explicit Learning to Read : Implication as for Subtypes of Dyslexia. *Current psychology letters* 10(1), 2-8.
- Gombert, J.-E. (2005). Apprentissage implicite et explicite de la lecture. *Rééducation orthophonique*, 223, 177-187.
- Gombert, J.-E., Bryant, P., & Warrick, N. (1997). Les analogies dans l'apprentissage de l'orthographe. In L. Rieben, M. Fayol & C.A. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 319-334). Lausanne: Delachaux et Niestlé.
- Goulandris, N. K., & Snowling, M. (1991). Visual memory deficits : A plausible cause of developmental dyslexia ? Evidence from a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 127-154.
- Greenhoot, A. F. (2000). Remembering and understanding: the effects of changes in underlying knowledge on children's recollections. *Child Development*, 71(5), 1309-1328.
- Grenier, S., Jones, S., Strucker, J., Murray, T. S., Gervais, G., & Brink, S. (Eds.). (2008). *L'apprentissage de la littérature au Canada : Constatations tirées de l'Enquête internationale sur les compétences en lecture* (Vol. 19). Ottawa: Statistique Statistics Canada.
- Habib. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia: An overview and working hypothesis. *Brain*, 123(12), 2373-2399.
- Hulme, C., Goetz, K., Gooch, D., Adams, J., & Snowling, M. J. (2007). Paired-associate learning, phoneme awareness, and learning to read. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(2), 150-166.

- Jaffré, J.-F. (2003). La linguistique et la lecture-écriture : de la conscience phonologique à la variable orthographe. *Revue des sciences de l'éducation*, 29(1), 37-49.
- Jaffré, J.-F. (2005). Introduction: the orthography of French. *L1 – Educational Studies in Language and Literature*, 5, 353–364.
- Jaffré, J.-F. (2006). L'orthographe du français est-elle une bonne orthographe? *Observatoire National de la lecture (ONL)*, 13-37.
- Jaffré, J.-P., & Fayol, M. (1997). *Orthographes: Des systèmes aux usages*. Paris: Flammarion.
- Kipffer-Piquard, A. (2003). *Étude longitudinale prédictive de la réussite et de l'échec spécifique à l'apprentissage de la lecture (suivi de 85 enfants de 4 ans à 8 ans)*. Université de Paris, Paris.
- Kremin, H., & Dellatolas, G. (1996). Les prérequis cognitifs de l'apprentissage de la lecture. In P. G. S. Carbonnel, M.-D. Martory et S. Valdois (Ed.), *Approche cognitive des troubles de la lecture et de l'écriture chez l'enfant et l'adulte* (pp. 97-112). Marseille: Solal.
- Kronbichler, M., Hutzler, F., Staffen, W., Mair, A., Ladurner, G., & Wimmer, H. (2006). Evidence for a dysfunction of left posterior reading areas in German dyslexic readers. *Neuropsychologia*, 44(10), 1822-1832.
- Lété, B. (2008). La consistance phonographique : une mesure statistique de la complexité orthographique. In C. Brissaud, J-P. Jaffré & J-C. Pellat (Eds.), *Nouvelles recherches en orthographe* (pp. 85-89). Limoges: Lambert-Lucas.
- Lété, B., Peereman, R., & Fayol, M. (2008). Consistency and word-frequency effects on spelling among first- to fifth-grade French children: A regression-based study. *Journal of Memory and Language*, 58(4), 952-977.
- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Cole, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 36(1), 156-166.
- Lombardino, L. J., Morris, D., Mercado, L., DeFillipo, F., Sarisky, C., & Montgomery, A. (1999). The Early Reading Screening Instrument: a method for identifying kindergarteners at risk for learning to read. *International Journal of Language & Communication Disorders* 34(2), 135-150.

- Magnuson, K., Meyers, M., Ruhm, C., & Waldfogel, J. (2004). Inequality in Preschool Education and School Readiness. *American Educational Research Journal*, 41(1), 115–157.
- Manis, F. R., McBride-Chang, C., Seidenberg, M. S., Keating, P., Doi, L. M., Munson, B., et al. (1997). Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*(66), 211-235.
- Martinet, C., Valdois, S., & Fayol, M. (2004). Lexical orthographic knowledge develops from the beginning of literacy acquisition. *Cognition*, 91(2), B11-22.
- McBride-Chang, C. (1998). The Development of Invented Spelling *Early Education and Development*, 9, 147-160.
- McBride-Chang, C., & Suk-Han Ho, C. (2005). Predictors of Beginning Reading in Chinese and English: A 2-Year Longitudinal Study of Chinese Kindergartners. *Scientific Studies of Reading*, 9(2), 177-144.
- McCorry, E. J., Mechelli, A., Frith, U., & Price, C. J. (2005). More than words: a common neural basis for reading and naming deficits in developmental dyslexia? *Brain*, 128(Pt 2), 261-267.
- Montésinos-Gelet, I., & Besse, J.-M. (2003). La séquentialité phonogrammique. *Revue des sciences de l'éducation*, 29, 159-170.
- Morin, M.-F. (2002a). *Le développement des habiletés orthographiques chez des sujets francophones entre la fin de la maternelle et de la première année*. Unpublished Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec.
- Morin, M.-F. (2002b). *Le développement des habiletés orthographiques chez des sujets francophones entre la fin de la maternelle et de la première année*. Unpublished Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec.
- Neuman, S. B., & Celano, D. (2006). The knowledge gap: Implications of leveling the playing field for low-income and middle-income children. Reading. *Research Quarterly*, 41, 176-201.
- Ouellette, G., & Senechal, M. (2008). Pathways to literacy: a study of invented spelling and its role in learning to read. *Child Development*, 79(4), 899-913.

- Ouellette, G., & Sénéchal, M. (2008). A Window Into Early Literacy: Exploring the Cognitive and Linguistic Underpinnings of Invented Spelling. *Scientific Studies of Reading, 12*(2), 195–219.
- Pacton, S. (2005). Utiliser les informations morphologiques à l'écrit : pourquoi, qui, quand, comment ? . *Rééducation orthophonique, 223*, 155-175.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2005a). Children's implicit learning of graphotactic and morphological regularities. *Child development, 76*(2), 324-339.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2005b). Children's implicit learning of graphotactic and morphological regularities. *Child Dev, 76*(2), 324-339.
- Pacton, S., Foulin, J.-N., & Fayol, M. (2005). L'apprentissage de l'orthographe lexicale. *Rééducation orthophonique, 222*, 47-68.
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001a). Implicit learning out of the lab: the case of orthographic regularities. *Journal of experimental psychology 130*(3), 401-426.
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001b). Implicit learning out of the lab: the case of orthographic regularities. *J Exp Psychol Gen, 130*(3), 401-426.
- Paulesu, E., Demonet, J. F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., Cappa, S. F., et al. (1996). Dyslexia, cultural diversity and biological unity. *Sciences, 291*, 2165-2167.
- Paza, L., Creuzet, V., & Fijalkow, J. (2006). Écriture inventée : pluralité des traitements et variabilité selon la structure syllabique. *Éducation et francophonie, 24*, 85-103.
- Peereman, R., Lete, B., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, and infralexical and lexical units in child-directed written material. *Behav Res Methods, 39*(3), 579-589.
- Peereman, R., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: Distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, and infralexical and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers, 39*(3), 579.
- Perfetti, C., Fayol, M., & Rieben, L. (1997). *Learning to spell*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, *103*(56-115).
- Poncellet, M., Schyns, T., & Majerus, S. (2003). Further evidence for persisting difficulties in orthographic learning in highly educated adults with a history of developmental dyslexia. *Brain and Language*, *87*(1), 145-146.
- Pothier, B., & Pothier, P. (2003). *EOLE: Échelle d'acquisition en orthographe lexicale*. Paris: Retz.
- Proverbio, A. M., Zani, A., & Adorni, R. (2008). The left fusiform area is affected by written frequency of words. *Neuropsychologia*, *46*(9), 2292-2299.
- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Fulbright, R. K., Constable, R. T., et al. (2000). The angular gyrus in developmental dyslexia: task-specific differences in functional connectivity within posterior cortex. *Psychological Science*, *11*(1), 51-56.
- Quaglino, V., De Marco, G., Bourdin, B., Pottel, A., Czternasty, G., & Meyer, M. E. (2004). Etude par IRMf des processus phonologiques impliqués dans la lecture de mots et de pseudo-mots. *ITBM-RBM*, *25*(4), 205-211.
- Rapcsak, S. Z., & Beeson, P. M. (2004). The role of left posterior inferior temporal cortex in spelling. *Neurology*, *62*(12), 2221-2229.
- Reinke, K., Fernandes, M., Schwindt, G., O'Craven, K., & Grady, C. L. (2008). Functional specificity of the visual word form area: General activation for words and symbols but specific network activation for words. *Brain and Language*, *104*(2), 180-189.
- Rieben, L. (2003). Écritures inventées et apprentissage de la lecture et de l'orthographe. *Faits de langue*, *14*, 27-36.
- Rieben, L., Ntamakiliro, L., Gonthier, B., & Fayol, M. (2005). Effects of Various Early Writing Practices on Reading and Spelling *Scientific Studies of Reading*, *9*, 145-166.
- Ritchev, k. (2008). The building blocks of writing: Learning to write letters and spell words. *Reading and Writing*, *21*, 27-47.

- Romani, C., Ward, J., & Olson, A. (1999). Developmental surface dysgraphia: What is the underlying cognitive impairment? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52(1), 97-128.
- Rouse, L. H., & Fantuzzo, W. J. (2009). Multiple risks and educational well being: A population-based investigation of threats to early school success. *Early Childhood Research Quarterly*, 24(1-14).
- Salmelin, R., Helenius, P., & Service, E. (2000). Neurophysiology of fluent and impaired reading: A magnetoencephalographic approach. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 17(2), 163-174.
- Samuelsson, S., Bogges, T. R., & Karlsson, T. (2000). Visual implicit memory deficit and developmental surface dyslexia: a case of early occipital damage. *Cortex*, 36(3), 365-376.
- Scarborough, H. S. (2001). *Connecting early language and literacy to later reading (dis)abilities : Evidence, theory, and practice*. New York: Guilford Press.
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96(4), 523-568.
- Seymour, P. H. (1997). Les fondations du développement orthographique et morphographique. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 384-403). Lausanne: Delachaux et Nieslé.
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94(2), 143-174.
- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching: sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55(2), 151-218; discussion 219-126.
- Silva, C., & Alves Martins, M. (2003). Relations Between Childrens Invented Spelling and the Development of Phonological Awareness. *Educational Psychology*, 23, 3-16.
- Silva, C., & Martins, A. (2003). Relations between children's invented spelling and the development of phonological awareness *Educational Psychology*, 23(1), 3-16.
- Simos, P. G., Fletcher, J. M., Foorman, B. R., Francis, D. J., Castillo, E. M., Davis, R. N., et al. (2002). Brain activation profiles during the early stages of reading acquisition. *Journal of Child Neurology*, 17(3), 159-163.

- Sprenger-Charoles, L., & Serniclaes, W. (2004). Nature et origine des déficits dans la dyslexie développementale : l'hypothèse phonologique. In P. C. e. D. D. A. Valdois (Ed.), *Apprentissage de la lecture et Dyslexies développementales* (pp. 113-146). Marseille: Solal.
- Sprenger-Charolles, L., Cole, P., Lacert, P., & Serniclaes, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: Evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, *54*(2), 87-104.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., Bechenec, D., & Serniclaes, W. (2003). Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading, and in spelling: a four-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *84*(3), 194-217.
- Stanké, B. (manuscrit en préparation). The role of lexical orthographic short and long term memory in conventional spelling performance: a longitudinal study.
- Stanké, B., Flessas, J., & Ska, B. (2008). Le rôle de la mémoire lexicale orthographique dans l'acquisition des connaissances orthographiques des enfants de maternelle 5 ans. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (A.N.A.E)*, *100*, 326-335.
- Tarkiainen, A., Helenius, P., & Salmelin, R. (2003). Category-specific occipitotemporal activation during face perception in dyslexic individuals: an MEG study. *Neuroimage*, *19*(3), 1194-1204.
- UNESCO. (2008). *Statistiques internationales sur l'alphabétisme : examen des concepts, de la méthodologie et des données actuelles*. Paris.
- Valdois, S. (2008). Dyslexies développementales : théorie de l'empan visuo-attentionnel. *approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant (ANAE)*, *96-97*, 15-21.
- Valdois, S., Bosse, M. L., Ans, B., Carbonnel, S., Zorman, M., David, D., et al. (2003). Phonological and visual processing deficit can dissociate in developmental dyslexia : Evidence from two case studies. *An Interdisciplinary Journal*(16), 541-572.

- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): What have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(1), 2-40.
- Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., & Lyon, R. G. (2000). Differentiating Between Bifficult-to-remediate and Readily Remetiate Poor Readers. More Evidence Against the IQ-Achievement Discrepancy Definition of Reading Disability. *Journal of Learning Disabilities*, 33(3), 223-239.
- Vigneau, M., Jobard, G., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2005). Word and non-word reading: What role for the Visual Word Form Area? *Neuroimage*, 27(3), 694-705.
- Weekes, B. S., Castles, A. E., & Davies, R. A. (2006). Effects of consistency and age of acquisition on reading and spelling in developing readers. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal of Clinical Neurophysiology developing readers*, 1(19), 132–169.
- Wood, F. B., Hill, D. F., Meyer, M. S., & Flowers, D. L. (2005). Predictive assessment of reading. *Annals of Dyslexia*(55), 193-216.
- Wright, D.-M., & Ehri, L. (2007a). Beginners remember orthography when they learn to read words: The case of doubled letters. *Applied Psycholinguistics*(28), 115.
- Wright, D.-M., & Ehri, L. (2007b). Beginners remember orthography when they learn to read words: The case of doubled letters. *Applied Psycholinguistics*, 28, 115-133.
- Ziegler, J. C., Stone, G. O., & Jacobs, A. M. (1996). Statistical analysis of the bidirectional consistency of spelling and sound in French. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 28(4), 504–515.
- Zorman, M. (1999). Évaluation de la conscience phonologique et entraînement des capacités phonologiques en grande section de maternelle. *Rééducation orthophonique*, 55, 139-156.

Article 2: The Role of Lexical Orthographic Short- and Long-Term Memory in Conventional Spelling Performance: A Longitudinal Study

Brigitte Stanké, Janine Flessas and Bernadette Ska

Manuscript submitted for publication to:

Journal of Memory and Language

Abstract

The purpose of this longitudinal study was to determine which cognitive skills predict the development of conventional spelling at the end of first grade. At the end of kindergarten, 201 French-speaking children were given tasks assessing phonological awareness, visuo-attentional processing and visual orthographic short- and long-term memory. At the end of the first grade, conventional spelling performance was assessed. A regression analysis revealed that phonological awareness and short- and long-term memory assessed in kindergarten were correlated with conventional spelling ability in first grade. The memory capacities assessed in first grade were even more strongly correlated with conventional spelling ability, especially for the serial order of linguistic visual information. These results indicate that prerequisites for skilled spelling include phonological capacities and short- and long-term visual memory specific to linguistic items, which in turn enable the development of lexical orthographic representations.

Keywords: Memory, spelling, development, conventional, lexicon, orthographic knowledge.

1. Introduction

The ability to write without making spelling mistakes is a very variable capacity, even among educated people. In fact, access to spelling in an alphabetical system is a complex process that requires multiple cognitive capacities. Numerous studies on the acquisition of spelling have led to the hypothesis that this learning process is based above all on phonological knowledge resulting from the development of formal rules in oral speech. Learning to spell requires the establishment of links between oral speech and written symbols. The child must understand that oral speech can be coded in spelling. To do that, in an alphabetic language, the child must be able to explicitly analyze spoken words in order to connect phonological units (phonemes) with the corresponding graphic units (graphemes) and vice versa.

The more one-to-one correspondences a spelling system involves, the more transparent it is. Such a system is also sometimes designated as constituting surface spelling. Conversely, when these correspondences are less regular, spelling becomes opaque or deep (Jaffré, 2005; Seymour et al., 2003). The German, Italian and Spanish orthography systems are quite regular or transparent systems, because they contain about the same number of graphemes as phonemes.

In opaque orthographic systems such as those of English or French, there are more graphemes than phonemes (Seymour et al., 2003). Such systems also contain complex graphemes consisting of groups of letters corresponding to a single phoneme, such as *eau* (/o/) in *bateau* ('boat'). So children have to learn and recall which particular grapheme occurs in a given word when there are several possible graphemes for a particular phoneme.

In French, the use of grapheme-phoneme correspondence rules enables one to read approximately 88% of monosyllabic words correctly, whereas the use of phoneme-grapheme correspondence rules makes it possible to spell only 21% of such words

(Ziegler, Stone, & Jacobs, 1996). In French, as in English, spelling is more difficult than reading and it does not rely on exactly the same representations or mechanisms (Eme & Golder, 2005b). Consequently, French learners (like English learners) must develop other capacities before they become able to spell words.

Opaque orthographic systems present other difficulties. In English or French, sets of letters, called logograms, do not always serve a phonographic function but can also be used to distinguish between lexical homophones (e.g., in French /so/ could be spelled *seau*, *sot* or *sceau*). Furthermore, sets of non-phonographic letters, called morphograms, are used to distinguish between genders, numbers, tenses and moods of words with homophonic forms. For example, the French sentence *il mange* ('he eats') becomes in the plural *ils mangent* ('they eat'). The letters *s* and *nt*, which respectively indicate the plural of the pronoun *il* and of the verb *mange*, are called mute letters because they are not pronounced in French. Logograms and morphograms are graphic units specifically used to indicate meaning. According to Jaffré (2005), these marks have a semiographic function.

This relative specialization of non-phonographic letters in languages with opaque orthographies adds to spelling difficulties. Children must learn how to spell words correctly without oral reference (Perfetti, Fayol, & Rieben, 1997). It has been suggested that, in order to spell correctly in French, children must rely on morphological, syntactic, and lexical knowledge in addition to sound-to-spelling transcription rules (Alegria & Mousty, 1996; Pacton, Fayol et al., 2005a).

Notwithstanding this fact, most research has focused on the impact of phonographic abilities on the acquisition of French spelling. A large body of research has shown that phonological skills are crucial for the acquisition of orthographic knowledge (Bowey & Muller, 2005; Écalle & Magnan, 2002a, for a French synthesis; Wood, Hill, Meyer, & Flowers, 2005). This link has been detected as early as kindergarten with invented orthographic tasks (Morin, 2002a; Ouellette & Senechal, 2008; Silva & Martins, 2003). Moreover, new brain imaging techniques (Eden et al., 2004) indicate the positive impact of phonological training on reading and spelling performance.

It is, however, evident that phonological processing capacities are not sufficient to explain the development of orthographic knowledge, in particular for opaque orthographic systems such as English or French. Indeed, there are several reasons to believe that other factors may also affect orthographic learning. Several group studies have confirmed that some children fail to develop precise orthographic representations of words, regardless of their phonological capacities (Bosse, Tainturier, & Valdois, 2007c; Eme & Golder, 2005b), of their ability to read regular words and nonwords (Eme & Golder, 2005b; Poncelet et al., 2003) or of the orthographic system (Alegria & Mousty, 1996; Fayol, Zorman, & L  t  , 2008; Seymour et al., 2003). Thus, some individuals seem to have deficits affecting orthographic processing and are unable to remember word-specific orthographic information (including letter sequences and position in words).

The research on the development of orthographic knowledge and on developmental dyslexia must answer two important questions: What are the cognitive factors associated with the development of orthographic knowledge and deficits, and what brain structures are involved in orthographic representation?

Although the role of orthographic lexical memory is mentioned in all theoretical models, none of them considers this kind of memory as being a determining cognitive factor in the acquisition of written language. Yet lexical memory plays a major role in the establishment of both phonological (analytical) and orthographic (global) processes. Indeed, orthographic lexical memory, whose function is to encode and store orthographic, phonographemic, graphophonological, morphographemic and logographic information, either in the form of abstract word representations or in the form of activation schemas (word traces), depending on the theoretical concept adopted, allows a complete knowledge of writing to be developed.

Clinical reports of complaints about a problem retaining lexical orthographic knowledge over the long term, expressed by children and dyslexic or non-dyslexic adults, suggest that long-term lexical orthographic memory could play an important role in the learning of reading and spelling. As well, a disorder affecting the capacity to maintain lexical orthographic representations in long-term memory could cause a problem in

constructing a sufficient orthographic lexicon to read and spell. That memory disorder would be specific to written language.

Moreover, a selective deficit affecting this type of memory would result in distinct forms of dyslexia-dysorthographia. An encoding problem would impede the elaboration of phonological (analytic) and orthographic (global) processes and consequently would result in a mixed dyslexia-dysorthographia, whereas problems maintaining orthographic representations in long-term lexical memory would prejudice the development of the orthographic process (global) and would result in a mnesic dyslexia (surface).

The role of the memory in the acquisition of the written language was first mentioned by Goulandris and Snowling (1991), who presented the case of a student whose orthographic features gave evidence of the extensive use of phonological processes without any knowledge of conventional spelling. The analysis of this person's cognitive deficits revealed a severe visual memory deficit. The authors therefore hypothesized that a memory deficit could be the cognitive factor responsible for the student's written language disorder.

Thereafter, several studies attempted to identify the role of visual memory capacity in the learning of written words, but only a few took long-term memory capacity into account (Caravolas et al., 2001; Casalis, 2004; Romani et al., 1999; Sprenger-Charolles et al., 2000). These studies, with the exception of Goulandris and Snowling (1991), were unable to establish a link between long-term visual memory and the learning of written language. Thus, they concluded that visual memory is not a causal factor in the ability to learn written language. However, the methodology of these studies is questionable. The efficiency of long-term visual memory was evaluated by means of only one test, namely a delayed recall test involving complex geometric shapes or non-linguistic symbols. In addition, the recall was done after a relatively short delay of 30 to 60 minutes. The results of these studies do not rule out the hypothesis that there is a long-term lexical memory problem since the stimuli used to assess the orthographic representations were not linguistic in nature. These studies suggest at the very most that

the deficit affecting spelling processing in dyslexic and dysorthographic children is not the consequence of a non-specific, long-term visual memory deficit.

Recently, Cohen or Dehaene and their team (2004; 2008; 2005) confirmed that lexical orthographic memory contributes to the processing of written words. Cohen and Dehaene's (2004) brain imaging study examined the contribution of lexical orthographic memory in the processing of written words. According to these authors, during the process of learning written language, a neuronal system in the left fusiform gyrus of the occipito-temporal cortex gradually specializes in the processing of the visual forms of words. This system's main functions are to encode, store and recover the abstracted properties of the entire visual forms of letters and written words.

Visual memory can therefore be considered as being subserved by this neuronal system, which Cohen and Dehaene called "the visual word form area" (VWFA). These orthographic representations, stored in memory or the whole VWFA, are commonly called the *orthographic lexicon* or *mental lexicon*, which a person needs to spell words by means of visual memory.

Neurometabolic and magnetoencephalography data have shown that the middle part of the left fusiform gyrus is more responsive to letter-strings than symbols (e.g., geometric figures, colors, and ideograms). Functional magnetic resonance imaging studies clearly indicate increased activation of the left occipito-temporal area as spelling progresses.

It seems that the VWFA shows a certain sublexical sensitivity to the orthographic regularities by which letters form words. This region becomes more activated in response to well-structured letter-strings that are words rather than pseudo-words (Proverbio, Zani, & Adorni, 2008; Vigneau, Jobard, Mazoyer, & Tzourio-Mazoyer, 2005). Finally, the VWFA shows early sensitivity to the frequency of words, which would imply visual recognition of familiar orthographic strings as unitary visual linguistic objects (Proverbio et al., 2008).

Furthermore, the VWFA seems to correspond to the critical center of the cerebral lesions responsible for certain forms of acquired dyslexia (Gaillard et al., 2006), dysorthographia (Rapcsak & Beeson, 2004) and developmental surface dyslexia (Pugh et al., 2000; Salmelin, Helenius, & Service, 2000; Samuelsson et al., 2000). As a matter of fact, an injury in this area in an adult brain leads to a severe inability to process written words, whereas the processing of other non-linguistic visual forms (faces, objects, etc.) remains preserved. Finally, data from different studies suggest that the VWFA is one of the areas in which functional activation is reduced in persons presenting developmental dyslexia (Cao, Bitan, Chou, Burman, & Booth, 2006b; Kronbichler et al., 2006; McCrory et al., 2005). Simos et al. (2002) reported enhanced neural activity in the VWFA for reading in children who were found to be at risk of developing reading problems at the end of kindergarten.

Psychological, neuropsychological, and neuroimaging studies have added valuable information on the essential and specific role of lexical orthographic memory in the processing of written words; its neurological substrate is the VWFA.

Moreover, the behavioral studies of Dreyer, Luke, and Melican (1995a) and

Poncellet et al. (2003) confirm the existence of a link between the capacity to memorize orthographic representations and the acquisition of the orthographic lexicon. Those researchers have shown a significant correlation between the capacity to maintain orthographic representations and lexical orthographic abilities. Their work suggests that the capacity to maintain orthographic representations assessed in third grade predicts orthographic abilities in the seventh grade. The study by Poncellet et al. (2003) found that adults whose reading skills had developed well after developmental dyslexia always presented major, persistent difficulties with spelling. Regarding the processes that might explain this limitation, their data suggest that not only are the initial stages of encoding new orthographic representations disturbed, but there seem to be severe impairments affecting the maintenance of new orthographic representations in long-term memory.

The aim of the present study is, first, to search for the existence of links between the variability in the acquisition of spelling knowledge and associated cognitive factors.

The main hypothesis is that the acquisition of the spelling lexicon necessarily depends simultaneously on a range of independent cognitive abilities including phonological, visuo-attentional and lexical orthographic memory (long-term retention). We present here the results of this first longitudinal study designed to establish the existence of links between the variability in the acquisition of spelling knowledge and these three associated cognitive factors, assessed before children learn formal written language, is in fact predictive of future spelling abilities.

2. Method

2.1. Participants

The longitudinal study started with a sample of 338 kindergarten children who were recruited from kindergartens near Montreal and Quebec City in May 2006. Children were tested twice at an interval of one week at 5 years old (range 4;3 to 5;7 years). A total of 201 (99 boys and 102 girls) of the children participated in the second assessment, one year later in first grade. They were also tested twice at a one-week interval.

The participants were selected by the teacher of each school. All children came from the middle socioeconomic class and were native French-speakers and were not exposed to English language. They were receiving normal schooling; none had repeated kindergarten and, according to their teachers, none had learned to read and write but all but four of them learned to write the letters of the alphabet and learned grapheme-phoneme correspondences. According to the teachers, none of the children had any known psychological, intellectual or emotional problems. Parental permission was granted to the experimenter by one of the parents of each child.

This search was approved by the Biomedical Scientific Committee of the Université de Montréal and by the Research Ethics Committee of the Institut universitaire de gériatrie de Montréal.

2.2. Tests and Materials

Tests were chosen to assess the cognitive aspects potentially involved in learning to spell: phonological processing, visuo-attentional processing and recollection memory. They also included tests to evaluate the spelling level of each “apprentice writer.” A training period was planned before the start of each test. Each test was given in groups, during school hours.

The tests and administration methodology are described below.

2.2.1. Kindergarten Measures

In kindergarten, the materials consisted of tests that could be administered in a group setting. They were chosen to assess the cognitive factors presumed to play a role in acquiring orthographic knowledge, namely phonological processing, visuo-attentional processing and lexical orthographic memory capacities. The materials also included tests to evaluate the apprentice spellers’ existing orthographic knowledge.

Three tests were created to evaluate the following cognitive aspects: phonological awareness, visuo-attentional processing and lexical orthographic memory for new words. This approach is consistent with models of spelling development according to which lexical knowledge and alphabetic skills mutually influence each other and develop simultaneously from the very beginning of literacy acquisition.

2.2.1.1. *Phonological Awareness (PA)*

The child had to locate a phoneme in a syllable of a word. The test included eight pictured words, each of which contained the phoneme *a* (in French). The words are of different lengths and variable complexities (five disyllabic and three trisyllabic words; five simple CV structures (e.g., *chapeau* (‘hat’)) and three complex CVC structures (e.g., *escargot* (‘snail’), and one word, *lavabo* (‘washbasin’), containing two occurrences of /a/. Empty circles representing syllables were presented on the same line as the picture. Each picture was named one at a time by the experimenter. Shortly thereafter, the children were asked to locate the phoneme /a/ in a syllable of each word by making an x in the

circle that corresponded to this syllable. For example, in the case of the word *chapeau*, two circles followed the picture of the hat and the children had to put an x in the first circle, corresponding to the syllable containing the phoneme /a/. The highest score for this test is 9 (the total number of /a/).

2.2.1.2. Visuo-Attentional Task (VA)

The purpose of this test is to evaluate visuo-attentional capacities. The child had to choose one or two target sequences of five letters from among four such sequences. As a whole, the task includes 13 target sequences to be located. For example, the target sequence MOTAL (a nonword) should be circled twice in the array MOTAL MOTHLMOTAF MOTAL. This test was performed in 5 minutes. One point was granted for each correctly discovered sequence, for a maximum score of 13 points.

2.2.1.3. Lexical Orthographic Memory Tests

Short-term lexical orthographic memory (STM) and long-term lexical orthographic memory (LTM) were evaluated by means of immediate and delayed recall of words learned during a written word task. This test took place at two times: time 1 was the same day as the other tests and time 2 corresponded to 7 or 8 days after time 1. The purpose of the delay between the two recalls was to measure the ability to maintain orthographic words in long-term memory. Time 1: The child had to learn to spell three written words—*eau* ('water'), *six* ('six') and *dodo* ('sleep')—by writing each word out eight times underneath the corresponding picture without time limit. As soon as this was done, a first recall task (immediate recall) was executed. The experimenter invited children to write the three words by memory on a new sheet of paper below the corresponding pictures. The children were not given any indication that the words would be asked again one week later in order to avoid any conscious learning effect. Time 2: A second recall task (delayed recall) was done 7 or 8 days after the first one, using the same procedure (write the three words by memory below the corresponding pictures), but children were exposed to the phonological form of the three words used to test lexical orthographic memory.

The chosen words are highly frequent in oral and written language but they represent variable degrees of orthographic regularity. The irregularly spelled word *eau* /o/ ('water') and the partially irregular word *six* /sis/ ('six') must necessarily be memorized to be correctly spelled. The phonological word *dodo* /dodo/ ('sleep') can be spelled by simple phoneme-grapheme translation. According to previous studies (Baluch & Danaye-Tousie, 2006; Sprenger-Charolles, Siegel, Bechenec, & Serniclaes, 2003), an effect of spelling regularity on memory should be shown.

In order to analyze the different memory processes underlying the acquisition of the orthographic lexicon, we tried to isolate the learning mechanisms hypothetically used by young writers to recall the visual display of the proposed words. By learning mechanisms, we mean the mechanisms which form the basis of association among the oral word, the written word and the word's meaning. This test is assessed by awarding 10 points for each of the mechanisms described below.

2.2.1.3.1. Visuo-spatial memory (sv). One point is granted each time one letter of the word occupies relative it must occupy when the word is spelled correctly (first, second, ..., last position), independently of the picture under which the word appears. For example, if child write *ddo* instead of *dodo*, we consider that the two last letters *d* and *o* are in the good position, two points are granted. Indeed, the goal is to grant the maximum number of points.

2.2.1.3.2. Visual memory (v). One point is granted for each letter correctly recalled independently of the picture under which the word is placed and the letter's position in the word. For example, one point is granted for the letter *x* in the word *six* and one point for the letter *e* in the word *eau*, whichever picture the word is paired with and no matter which position in the word it occupies.

2.2.1.3.3. Visuo-sequential memory (vq). One point is granted each time two letters are placed in the right sequence, independently of the picture under which they are written. For example, two points are granted if the letters *i* and *x* in the word *six* appear in the right order, whichever picture the word is paired with.

2.2.1.3.4. Visuo-associative memory (va). One point is granted each time a letter of the word is written under the right picture, whatever order they appear in. For example,

two points are granted if the letters d and o in the word dodo are paired with the right picture, whichever order they appear in.

2.2.1.4. Spelling words from lexical orthographic LTM test. In order to analyze the effect of word characteristics on LTM, the conventional spelling was evaluated. The conventional spelling of a regular word could conceivably be generated by the application of phoneme-grapheme conversion rules (e.g., dodo ('sleep'): the letter d is the only way to write /d/ in French and the dominant spelling for /o/ in French is the letter o). By contrast, the conventional spelling of irregular words contains unpredictable or exceptional sound-to-spelling correspondences (e.g., /s/ spelled x, as in the word six, given that the dominant spelling for /s/ in French is the letter s). Irregular words cannot be spelled by relying on phoneme-grapheme conversion because the application of this strategy would result in phonologically plausible errors (e.g., garson instead of garçon ('boy')). Thus, accurate spelling of irregular words is thought to critically depend on access to stored word-specific orthographic knowledge. One point is granted for each conventional spelling of a regular or irregular word which is recalled under the right picture.

2.2.1.5. Orthographic Knowledge (OK. Several recent studies have used invented orthographic spelling tasks in order to evaluate the orthographic knowledge at children's disposal. Children's written forms, although they are non-conventional most of the time, are not only inventions but provide more accurate evidence than recognition tasks or letter naming of the conceptualizations and orthographic system representations the children have built.

Participants' existing orthographic knowledge was studied with an invented orthographic task related to the different cognitive factors and formed the subject of an earlier study (Stanké, Flessas, & Ska, 2008). This task corresponds to the writing of two sentences each comprising four words with a simple one- or two-syllable syllabic structure, for example *Le bébé fait dodo* ('the baby is sleeping'), *J'aime ma maman* ('I love my mom'). The choice of words was motivated by their reading frequency (Manulex level CP database (Peereman & Sprenger-Charolles, 2007)), by their consistency and by

their ease of transcription according to the lexical orthographic acquisition scale (Pothier & Pothier, 2004).

The task took place in two sessions. The experimenter first presented the picture illustrating the sentence to be written to the children. The experimenter then invited them to write the dictated sentence underneath the picture and asked them to do the best they could to use their knowledge of written language. The aim of the analysis method used to quantify the children's orthographic knowledge was to evaluate their implicit lexical orthographic knowledge. To assess lexical orthographic knowledge, we have chosen the use of the letter as a measure because it forms a more precise measure than phonograms (graphic units permitting the transcription of word phonemes); using letters allows one to take into consideration changes in the accuracy of lexical orthographic representations (e.g., b*b*; bebe; bèbè; bébé).

Scoring of the test. One point is awarded for each letter produced in the right sequence which respects the writing of the word (e.g., *fait* ('does') written *fit* is worth 3 points). One point is granted for the appropriate production of each diacritic sign (accent) (e.g., *bébé* ('baby') is worth 6 points). One half point is granted for each phonologically plausible substitution (e.g., *fait* written *fê* is worth 1.5 points). One half point is docked each time two consecutive letters are produced in the reverse order (e.g., *dodo* written *odod* is worth 3 points). No points are docked for letter substitutions equivalent to one of the following visual confusions: b/d; d/b; m/n (e.g., *bébé* written *dédé*). One half point is docked for each letter substitution equivalent to one of the following auditory confusions: p/b; f/v; ch/j (e.g., *fait* written *vat* is worth 3.5 points). Only one half point is granted for the use of a reversed diacritic (e.g., *bébé* written *bèbè* is worth 5 points). The maximum score is 29. The interjudge agreement of the scoring done on 20% of the sample was 98.9%.

2.2.2. Experimental Procedure in Kindergarten

In May 2006, the children were collectively evaluated in the classroom by speech and language therapists and special educators. All tests were performed the same day, except the lexical orthographic memory test, because the recall of learned words was

done twice; the first recall was done on the same day as all the other tests and the second recall task was given seven to eight days later. The process included a training period for all children, except for the invented orthographic task. In kindergarten, the evaluation session was presented to the children as a game; they were invited to pretend they were in first grade and able to read and write. The experimenter had to explain that certain tasks would seem difficult to them inasmuch as they could not yet read or spell, but he asked them to do their best by making use of all their knowledge.

2.2.3. First Grade Outcome Spelling Measures

The first grade session tests were administered to the same children who participated in kindergarten. The first grade test included one spelling measure and two lexical orthographic memory measures.

2.2.3.1. Spelling Words from Dictation Task

Children were asked to write two sentences totaling 15 words: 6 regular and 9 irregular words, with consonant clusters and silent endings (*Carlo est un garçon de six ans. Il aime jouer au ballon dans le parc*). All of them are high-frequency words in reading according to the norm provided by Lété, Sprenger-Charolles, and Colé (2004) (e.g., *dans* ('in'), *il* ('he')) and their spelling is acquired by children at the end of first grade according to the ÉOLE database (Pothier & Pothier, 2003).

Because the main objective of the present study was to assess spelling development from its inception, children's spelling was evaluated using two scoring systems. The first is a graded system that allowed the assessment of partially phonologically accurate and partially lexically accurate spellings to be assessed. The second scoring system is based on completely accurate phonological and lexical spelling.

2.2.3.1.1. Partial Phonological Spelling Accuracy Scale (PPS). The analysis focused on children's ability to represent the phonological structure of words and did not penalize them for poor knowledge of orthography. On the PPS, a score of 0 or 0.5 or 1 was given to each grapheme on the basis of its proximity to the target phoneme it represented, irrespective of its accuracy in terms of orthographic rules and patterns. For example, if a

child wrote *ten* /tã/ instead of *dans* /dã/ ('in'), a half point was awarded to the grapheme *t* because it represents a phoneme differing from the target /d/ by only one distinctive feature. The grapheme *en* received the maximum score because it was phonologically acceptable. Consequently, this spelling would obtain a score of 1.5 instead of 2, although two of the graphemes (*t* and *e*) and the missing *s* did not comply with spelling conventions. The maximum score for this scale is 38 points.

2.2.3.1.2. Partial Conventional Spelling Accuracy Scale (PCS). On the PCS, a score of 0, 0.5 or 1 was given for each letter of the grapheme on the basis of its proximity and the letter's place in the sequence compared to its conventional spelling. A half point was awarded if the grapheme differed from the target by only one visual distinctive feature or if two letters were not written in the right order. For example, if a child wrote *ben* /bã/ for the word *dans* /dã/, the first grapheme, *b*, would receive a half point (0.5) because it represents a grapheme that differs from the target /d/ by only one visual distinctive feature. For the grapheme *en*, which did not respect the conventional orthography, only 1 point would be awarded for the letter *n*. Consequently, this spelling would obtain a score of 1.5 out of 4. The maximum score for the PCS is 53 points.

For the phonological and conventional accuracy rating scales, two research assistants were trained to use the scoring system and independently scored a random sample of 20 sets of spellings. The interjudge agreement ranged from from $r = 0.998$ to 1.000.

2.2.3.1.3. Phonological Spelling Accuracy Scale (PS). On the PS, a word that completely respected the phonological orthographic correspondence obtained a score of 1. Otherwise, the score was 0. For example, the word *dans* spelled as *ten* received no points. The maximum score on this scale is 15 points.

2.2.3.1.4. Conventional Spelling Accuracy Scale (CS). On the CS, a word that completely respected the orthographic conventions received the score of 1. Otherwise, the score was 0. For example, the word *dans* spelled as *bans* would not receive a point. The maximum score on this scale is 15 points.

2.2.3.2. Lexical Orthographic Memory Test

This test is similar to the one executed in kindergarten, except for the choice of the words. This time, we used three written words in English for which the children had to learn the spelling—*goat*, *duck* and *wolf*—by writing each one out eight times below the corresponding picture. Those written words were irregular according to the French spelling system and totally unfamiliar to all the young French spellers. The words had to be visually memorized if they were to be correctly spelled. This test is assessed out of 12 points for each of the mechanisms identified in kindergarten.

2.2.4. Experimental Procedure in First Grade

In May 2007, the children were collectively evaluated in the classroom by speech and language therapists and special educators. All tests were performed the same day, except the lexical orthographic memory test, particularly the recall of learned words, which was done twice; the first recall took place on the same day as all the other tests and the second recall seven to eight days later. As in kindergarten, the children were not informed that these words would be the object of a recall task one week later when they would have to recall their written form on the basis of the pictures. The process included a training period for all children, except for the spelling task.

3. Results

Tables 1 and 2 give the means, the standard deviations and the ranges for the kindergarten and first grade measures, respectively. The number of children changes according to task because, for reasons beyond our control, some children did not complete all the tasks.

3.1. Kindergarten Measures

3.1.1. Orthographic Knowledge

The results of the evaluation of orthographic knowledge in the production of sentences in the first study (Stanké et al., 2008) had shown that kindergarten children produce an average of approximately 10 of the 26 letters and diacritics signs in all the words in the two sentences meeting the orthographic norm, which corresponds to an average of 36.30%. The intersubject variation is relatively high (SD = 26).

3.1.2. Phonological Awareness Task

As Table 1 shows, the children performed very well on phonological awareness tasks at the end of kindergarten. They were able to locate a mean of 7 of the 9 target phonemes.

3.1.3. Visuo-Attentional Task

The visuo-attentional task was easy for children. In general, they were able to identify a mean of 10 out of 13 sequences.

3.1.4. Lexical Orthographic STM and LTM

In short-term recall, the children produced a mean of 9 of the 10 letters. Of these letters, a mean of 9 were in the right place, 8 in the right order, and 8 connected to the right picture. In long-term recall, children produced a mean of 6 out of 10 letters, 6 in the right place, 5 in the right sequence, and 6 connected to the right picture. Multivariate analysis of variance (MANOVA) was conducted to see if any difference existed among the four memory mechanisms (visuo-spatial, visual, visuo-sequential and visuo-associative) in short and long recall. The Manova performed was significant for short-term recall ($F(25,74) = 0.623, p < .00011$) and long-term recall ($F(42,25) = 0.731, p < .00011$). Pairwise multiple comparison tests were conducted to test which pair of memory mechanisms differ significantly from others. Each pair were differ significantly for short and long recall (all Bonferroni p value $< 0.05/7=0.00714$). In short and long term recall,

the sequential mnemonic mechanism proved to be the most difficult, while the visuo-associative aspect seemed to facilitate memory.

3.1.5 .Word Regularity Effect on Long-Term Recall Conventional Spelling Accuracy

An ANOVA with repeated measures was conducted using the three word regularity types as dependent variables. The children's recall of words' conventional spelling did vary across word types (Pillai's Trace: $F = 25.736$, $df = 2$, $p < .0001$). In addition the p-value of matrix comparison between each scale is below the Bonferroni correction ($0.05 / 3 = 0.016$). Only 9.8% of children correctly spelled all three words. Post hoc group comparisons showed that the children correctly spelled the phonologically regular word *dodo* (70.8%) significantly more frequently than they did the other words, namely the partially irregular word *six* (32.3%) and the irregular word *eau* (16.9%). Moreover, children recalled the correct spelling of the partially irregular word significantly more frequently than they did for the irregular word.

3.2. First Grade Measures

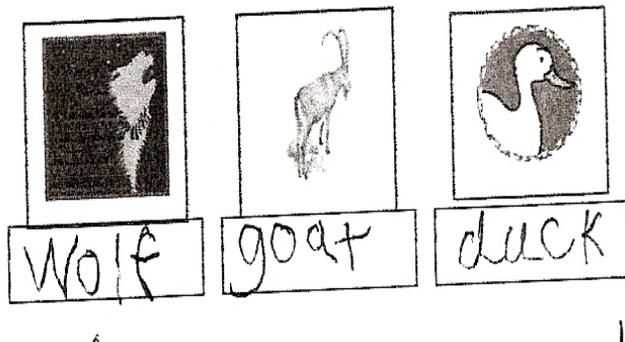
3.2.1. Lexical Orthographic STM and LTM

In short-term recall of the three English written words, the children produced a mean of 11 of the 12 letters, of which 10 were in the right place, 10 in the right sequence and 11 connected to the right picture.

In long-term recall, children produced a mean of 9 out of 12 letters, of which 8 were in the right place, 6 in the right order, and 9 connected to the right picture

(Figure 1).

Figure 1. Example of lexical orthographic first grade STM task



3.2.2. Partial Phonological Spelling (PPS) and Phonological Spelling (PS) Accuracy Scales

As Table 2 reveals, the children's PPS, based on the sentence dictation task, was already near mastery. In fact, the children were able to spell 35 out of 38 phonemes. The mean for phonological spelling is 12 words out of 15.

3.2.3. Partial Conventional Spelling (PCS) and Conventional Spelling Accuracy (CS) Scales

As shown in Table 2, the children spelled a mean of 46 of the 53 letters accurately. On average, the conventional spelling was correct for 10 out of 15 words.

The children's phonological spelling was significantly better than their conventional spelling (t test paired = 15.90, df = 200, p = .000).

Table 1. Characteristics of the Kindergarten Sample						
		N	Min	Max	M	SD
Age (mos.)		174	65	81	74.5	3.5
PA (9)		173	2	9	7.73	1.70
VA (13)		172	0	13	10.17	2.97
STMvs (10)		170	0	10	9.07	1.76
STMv (10)		170	0	10	9.15	1.65
STMvq (10)		170	0	10	8.78	2.07
STMva (10)		170	0	10	8.98	1.89
LTMvs (10)		168	0	10	6.29	2.55
LTMv (10)		168	0	10	6.96	2.35
LTMvq (10)		168	0	10	5.40	2.99
LTMva (10)		168	0	10	6.59	2.48
OK % (100)		195	0	96	33,05	22,95

PA: Phonological Awareness score - VA: Visuo-attentional score - STM or LTM: Short-Term Memory or Long-Term Memory score
- vs: Visuo-spatial memory mechanism - v: Visual memory mechanism - vq: Visuo-sequential memory mechanism - va: Visuo-associative memory mechanism - tot: total of mnesic mechanism scores - OK : Orthographic knowledge

Table 2. Characteristics of the First Grade Sample

	N	Min	Max	M	SD
STMvs (12)	164	4	12	10,95	1,68
STMv (12)	164	4	12	11,13	1,48
STMvq (12)	164	4	12	10,58	2,14
STMva (12)	164	4	12	11,07	1,61
LTMvs (12)	161	1	12	8,58	2,66
LT1v (12)	161	1	12	9,37	2,36
LTMvq (12)	161	0	12	7,04	3,37
LTMva (12)	161	0	12	9,16	2,43
PPS (38)	172	,00	38,00	35,25	4,74
PCS (53)	171	,00	53,00	46,69	7,48
PS (15)	174	,00	15,00	12,821	2,91
CS (15)	174	,00	15,00	10,86	3,29

PA: Phonological Awareness score - VA: Visuo-attentional score - STM or LTM: Short-Term Memory or Long-Term Memory score - vs: Visuo-spatial memory mechanism - v: Visual memory mechanism - vq: Visuo-sequential memory mechanism - va: Visuo-associative memory mechanism - PPS: Partial Phonological Spelling accuracy score - PS: Phonological Spelling accuracy score - PCS: Partial Conventional Spelling accuracy score - CS: Conventional Spelling accuracy score

3.3. Correlations between Predictor Measures in Kindergarten and Performance on Spelling Tasks in First Grade

The purpose of the correlation matrix was to examine the correlations between the measures of phonological awareness, visuo-attentional and lexical orthographic STM and LTM at the end of kindergarten and the spelling measures at the end of first grade

(Table 3). Correlations between the STM and LTM measures and the spelling measures, both at the end of first grade, are shown in Table 4.

None of the correlations between age and the spelling performance scores were significant.

All the STM scores were highly correlated among themselves (r_{STM} ranged from 0.876 to 0.986). The same relation was found for the LTM scores (r_{LTM} ranged from 0.803 to 0.886).

There is an extremely high correlation between partial accurate and accurate spelling measures ($r_{PPS-PS} = 0.927$; $r_{PCS-CS} = 0.884$). A high correlation is also observed between phonological and conventional measures ($r_{PPS-PCS} = 0.939$; $r_{PS-CS} = 0.856$). However, because the purpose of the research is to study the development of conventional spelling, we will focus on these scores.

As can be seen in Table 3, significant correlations existed between the predictor measures (phonological awareness, visuo-attentional, STM and LTM) and all spelling measures except the visuo-attentional measure, where a significant correlation was found only with the conventional spelling measures. The strongest correlations between the spelling accuracy measures (phonological spelling and conventional spelling) and the STM measures were with the visuo-associative mnemonic mechanism of STM ($r_{PS-STMva} = 0.247$, $p < .01$; $r_{CS-STMva} = 0.274$, $p < .01$). The strongest correlations between the phonological spelling accuracy measures and the LTM measures were with the sequential mnemonic mechanism ($r_{PS-LTMvq} = 0.205$, $p < .01$), while the strongest correlations between the conventional spelling accuracy measures and the LTM measures were with the visuo-associative mnemonic ($r_{CS-LTMv} = 0.282$, $p < .01$). The correlation between phonological awareness and spelling measures (PS and CS) was slightly higher overall than the correlation with STM and LTM measures.

Table 3. Correlations between Kindergarten Predictors and Measures of Spelling Tasks in First Grade

		sex	Y(mos.)	PA	VA	STM vs	STM v	STM vq	STM va	LTM vs	LTM v	LTM vq	LTM va
sex	P.C.	1,000											
Y(mos.)	P.C.	-,065	1,000										
PA	P.C.	,085	-,014	1,000									
VA	P.C.	,003	,025	,208**	1,000								
STMvs	P.C.	,102	,075	,116	,251**	1,000							
STMv	P.C.	,103	,072	,138	,258**	,986**	1,000						
STMvq	P.C.	,042	,125	,103	,216**	,952**	,929**	1,000					
STMva	P.C.	,139	,122	,146	,286**	,915**	,921**	,876**	1,000				
LTMvs	P.C.	-,013	,074	,085	,234**	,385**	,367**	,407**	,362**	1,000			
LTMv	P.C.	-,015	,069	,083	,241**	,382**	,385**	,392**	,381**	,871**	1,000		
LTMvq	P.C.	-,029	,054	,053	,247**	,321**	,303**	,357**	,295**	,886**	,805**	1,000	
LTMva	P.C.	-,024	,126	,046	,275**	,339**	,332**	,380**	,346**	,846**	,872**	,803**	1,000
PPS	P.C.	,069	,116	,222**	,074	,256**	,269**	,220**	,250**	,165*	,173*	,159*	,103
PCS	P.C.	,019	,127	,265**	,144	,292**	,310**	,265**	,281**	,211**	,212**	,200**	,173*
PS	P.C.	,049	,067	,290**	,131	,290**	,308**	,248**	,331**	,200**	,180*	,183*	,141
CS	P.C.	-,008	,062	,316**	,198**	,322**	,343**	,295**	,344**	,248**	,221**	,218**	,220**

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

PA: Phonological Awareness score - VA: Visuo-attentional score - STM or LTM: Short-Term Memory or Long-Term Memory score - vs: Visuo-spatial memory mechanism - v: Visual memory mechanism - vq: Visuo-sequential memory mechanism - va: Visuo-associative memory mechanism - PPS: Partial Phonological Spelling accuracy score - PS: Phonological Spelling accuracy score - PCS: Partial Conventional Spelling accuracy score - CS: Conventional Spelling accuracy score

3.4. Correlations between Memory and Spelling Measures in First Grade

One important aim of the study was to elucidate the role of STM and LTM in emergent spelling, especially for irregular words. In first grade, the stimuli used were English words, which constitute irregular words for French speakers. Table 4 shows strong correlations between full and partial conventional spelling accuracy and STM and LTM measures. These correlations are higher than those observed with STM and LTM measures in kindergarten. In first grade, STM and LTM were more correlated with full conventional spelling measures (r CS-STM ranged from 0.504 to 0.541; r CS-LTM ranged from 0.601 to 0.643, $p < .01$) than for partial conventional spelling measures (r PCS-STM ranged from 0.399 to 0.441; r PCS-LTM ranged from 0.462 to 0.567, $p < .01$). The LTM measures with the strongest link with conventional spelling are those that interfere with the visuo-sequential (vq) mnemonic aspect (r CS-LTMvq = 0.643, $p < .01$) and the visual (v) mnemonic aspect (r CS-LTMv = 0.638, $p < .01$). These high correlation coefficients show that the better a child's capacity to memorize visual sequences, the more conventional spelling knowledge that child will have.

Table 4. Correlations between Measures of Memory and of Spelling Tasks in First Grade

		STM vs	STM v	STM vq	STM va	LTM vs	LTM v	LTM vq	LTM va	PPS	PCS	PS	CS
STMvs	P.C.	1,000											
STMv	P.C.	,946**	1,000										
STMvq	P.C.	,940**	,870**	1,000									
STMva	P.C.	,941**	,984**	,895**	1,000								
LTMvs	P.C.	,642**	,649**	,611**	,658**	1,000							
LTMv	P.C.	,505**	,507**	,487**	,523**	,862**	1,000						
LTMvq	P.C.	,605**	,588**	,600**	,605**	,921**	,777**	1,000					
LTMva	P.C.	,531**	,533**	,521**	,547**	,924**	,918**	,870**	1,000				
PPS	P.C.	,357**	,372**	,382**	,374**	,525**	,427**	,470**	,505**	1,000			
PCS	P.C.	,399**	,426**	,435**	,441**	,567**	,462**	,530**	,548**	,939**	1,000		
PS	P.C.	,467**	,479**	,491**	,479**	,593**	,485**	,552**	,558**	,927**	,890**	1,000	
CS	P.C.	,504**	,514**	,541**	,537**	,638**	,521**	,643**	,601**	,751**	,884**	,856**	1,000

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

PA: Phonological Awareness score - VA: Visuo-attentional score - STM or LTM: Short-Term Memory or Long-Term Memory score -

vs: Visuo-spatial memory mechanism - v: Visual memory mechanism - vq: Visuo-sequential memory mechanism - va: Visuo-associative memory mechanism - PPS: Partial Phonological Spelling accuracy score - PS: Phonological Spelling accuracy score - PCS: Partial Conventional Spelling accuracy score - CS: Conventional Spelling accuracy score

3.5. Kindergarten-Age Predictors of Spelling Accuracy in First Grade

An important point that remains to be established is whether lexical orthographic memory in kindergarten predicts conventional spelling achievement at the end of first grade and whether this relation is independent of other variables. To determine the predictive relationship between measures from kindergarten, particularly for lexical orthographic memory, and spelling ability in first grade, the relative power of the full set of measures obtained at kindergarten as longitudinal predictors of spelling score in first grade was assessed. To do this, simultaneous regressions were conducted with predictive measures from kindergarten (phonological awareness, visuo-attentional, STM and LTM measures) and first grade spelling accuracy measures. The results of these analyses are shown in Tables 5 and 6 for the two measures of spelling accuracy. All statistical analyses were performed using SPSS software.

3.5.1. Phonological Spelling Accuracy (PS)

As Table 5 shows, phonological spelling accuracy depends on STM visuo-associative (va) capacities (Beta = 0.322, $p < .0001$) and on phonological awareness (Beta = 0.320, $p < .0001$). This is not surprising: if PS attempts depend on a child's ability to segment a spoken word into a series of phonemes and to write down the letters associated with those sounds, then measures of phonological awareness and memory of letters should predict this skill. As shown by the canonical r square, 22% of the total variance in phonological spelling assessed at the end of first grade was explained by those kindergarten predictors. The unique contributions of STM visuo-associative (va) and phonological awareness factors were respectively 10.24% and 10.11% of the total variance. In contrast, the visuo-attentional aspect did not account for any significant unique variance once the other three variables were partialled out.

Table 5. Stepwise Regression Equations Predicting Phonological Spelling Performance from Kindergarten Factors.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	10.146	.630		16.111	.000					
	STMva	.348	.068	.357	5.101	.000	.357	.357	.357	1.000	1.000
2	(Constant)	7.771	.772		10.068	.000					
	STMva	.314	.065	.322	4.840	.000	.357	.342	.320	.988	1.013
	PA	.346	.072	.320	4.817	.000	.356	.340	.318	.988	1.013
Dependent Variable: PS											

STM Short-Term Memory - va: Visuo-associative memory mechanism - PA: Phonological Awareness score - PS: Phonological Spelling accuracy score

3.5.2. Conventional Spelling Accuracy

Of the phonological awareness, visuo-attentional, STM and LTM variables entered, only three unique predictors emerged for conventional spelling accuracy (Table 6). The phonological awareness (Beta = 0.356, $p < .0001$), STM visuo-associative (Beta = 0.277, $p < .0001$) and LTM visuo-sequential (vq) (Beta = 0.130, $p < .048$) factor scores were significant and independent predictors of conventional spelling performance in first grade. As shown by the canonical r square, 27% of the total variance in spelling assessed at the end of first grade was explained by those kindergarten predictors. The unique contributions of phonological awareness, STM visuo-associative (va) and LTM visuo-sequential (vq) factors were respectively 12.4%, 6.9% and 1.5% of the total variance. Again, the visuo-attentional aspect did not account for any significant unique variance once the other three variables were partialled out.

Table 6. Stepwise Regression Equations Predicting Conventional Spelling Performance from Kindergarten Factors.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	5.804	.899		6.456	.000					
	PA	.680	.114	.401	5.981	.000	.401	.401	.401	1.000	1.000
2	(Constant)	2.001	1.149		1.742	.083					
	PA	.609	.108	.359	5.631	.000	.401	.382	.356	.982	1.018
	STMva	.483	.098	.313	4.908	.000	.361	.339	.310	.982	1.018
3	(Constant)	1.861	1.142		1.630	.105					
	PA	.604	.107	.356	5.620	.000	.401	.382	.352	.982	1.019
	STMva	.427	.102	.277	4.208	.000	.361	.296	.264	.908	1.102
	LTMvq	.127	.064	.130	1.988	.048	.230	.145	.125	.920	1.086

Dependent Variable: PS

PA: Phonological Awareness score - STM or LTM: Short-Term Memory or Long-Term Memory score - va: Visuo-associative memory mechanism - vq: Visuo-sequential memory mechanism -CS: Conventional Spelling accuracy score

Thus, the analysis revealed that, regardless of the influence of phonological awareness, lexical orthographic STM and LTM capacities were significant additional predictors of spelling accuracy. Furthermore, these data confirm the well-documented link between spelling performance and phonological awareness.

3.6. First Grade Predictors of Spelling Accuracy

Other STM and LTM measures were tested with a set of English words at the end of the first grade. Only 188 of the 201 children completed all the memory tasks and are included in Table 7.

3.6.1. Phonological Spelling Accuracy

As shown in Table 7, of the eight STM and LTM measures from first grade entered in the calculation, only two predictors emerged for PS accuracy: LTM visuo-sequential (vq) (Beta = 0.351, $p < .0001$) and STM visuo-sequential (vq) (Beta = 0.295, $p < .0001$). As shown by the canonical r square, 36% of the total variance in spelling assessed at the end of first grade was explained by those lexical orthographic predictors. The unique contributions of LTM and STM visuo-sequential (vq) factors explained respectively 8.35% and 5.9% of the variance.

Table 7. Stepwise Regression Equations Predicting Phonological Spelling Performance from First Grade Factors.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	11,445	,289		39,547	,000					
	LTMvq	,271	,036	,519	7,469	,000	,519	,519	,519	1,000	1,000
2	(Constant)	9,468	,612		15,471	,000					
	LTMvq	,183	,042	,351	4,318	,000	,519	,333	,289	,676	1,480
	STMvq	,245	,067	,295	3,626	,000	,495	,284	,243	,676	1,480

Dependent Variable: PS

STM or LTM: Short-Term Memory or Long-Term Memory score - vq: Visuo-sequential memory mechanism – PS : Phonological Spelling accuracy score

3.6.2. Conventional Spelling Accuracy

Table 8 shows that only two predictors emerged for conventional spelling accuracy. The LTM visuo-sequential (vq) (Beta = 0.474, $p < .0001$) and STM visuo-sequential (vq) (Beta = 0.275, $p < .0001$) factor scores were significant and independent predictors of conventional spelling performance in first grade. As shown by the canonical r square, 46.5% of the total variance in spelling assessed at the end of first grade was explained by those predictors. LTM and STM visuo-sequential (vq) factors explained respectively 14.51% and 4.88% of the variance.

Table 8. Stepwise Regression Equations Predicting Conventional Spelling Performance from First Grade Factors.

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B		Correlations			Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound	Zero-order	Partial	Part	Tolerance	VIF
1	(Constant)	7,127	,423		16,868	,000	6,292	7,961					
	LTMsq	,559	,054	,638	10,378	,000	,452	,665	,638	,638	,638	1,000	1,000
2	(Constant)	4,196	,883		4,750	,000	2,451	5,941					
	LTMvq	,415	,064	,474	6,441	,000	,288	,543	,638	,458	,381	,644	1,552
	STMvq	,374	,100	,275	3,735	,000	,176	,571	,557	,286	,221	,644	1,552

Dependent Variable: CS

PA: Phonological Awareness score - STM or LTM: Short-Term Memory or Long-Term Memory score - vq: Visuo-sequential memory mechanism - va: Visuo-associative memory mechanism - CS: Conventional Spelling accuracy score

Thus, the analysis revealed that, independently of the influence of phoneme awareness skills, the STM and LTM factors were significant additional predictors of

phonological (in the choice of phoneme-grapheme correspondences) and conventional spelling accuracy. Moreover, the children demonstrated conventional orthographic spelling knowledge very early in their acquisition of literacy.

4. Discussion and conclusion

Previous studies have indicated that phonological awareness and knowledge of grapheme-phoneme correspondences are highly reliable predictors of reading and spelling performance (Bruck, Genesee, & Caravolas, 1997; Caravolas et al., 2001; Ellis & Cataldo, 1990; Manis et al., 1997). In spite of the important role of phonological awareness in reading and spelling development, a considerable proportion of the variance remained unexplained. Consequently, it can be hypothesized that other variables also play a role.

The purpose of this study was to determine which cognitive skills in kindergarten and first grade predict the development of conventional spelling at the end of first grade. More specifically, the contribution of visual STM and LTM specific to lexical orthographic items was studied.

A sample of 201 children was assessed twice: at the end of kindergarten and at the end of first grade. In kindergarten, three tests were given to evaluate the respective contributions to correct spelling of the following cognitive factors: phonological awareness, visuo-attentional skills and lexical orthographic STM and LTM. First grade testing included phonological and conventional spelling and lexical orthographic STM and LTM measures. The lexical orthographic memory test in kindergarten and first grade differed in the choice of words. The kindergarten words were French words with variable degrees of regularity, while the first grade words were English words corresponding to completely irregular and unfamiliar items for French spellers.

All the lexical orthographic STM scores were highly correlated among themselves. The same relation was found for lexical orthographic LTM scores. This finding is no surprise as the scores were obtained from the spelling of the same words and they give evidence of the efficiency of the learning mechanism applied by the participant.

There is a very high correlation between partial phonological and partial conventional spelling measures. A high correlation is also observed between phonological and conventional spelling measures. This is not surprising because, for some words, it is difficult to distinguish between partially and totally correct responses; the phonological and conventional spelling is sometimes very close or even identical (e.g., *dodo*). Phonological spelling was significantly better than conventional spelling. This is also not surprising, because phonological spelling implies knowledge of phoneme-grapheme correspondences and good phonological awareness, while conventional spelling also requires children to learn a number of graphemes and the positions in which these various graphemes can occur.

The results show that phonological awareness and visuo-attentional ability, as well as visual STM and LTM capacities specific to lexical orthographic items, as evaluated in kindergarten and in first grade, are all significantly correlated with conventional spelling knowledge.

Among the kindergarten factors entered in the regression equation, phonological awareness appeared to be the most potent predictive variable for conventional spelling performance in first grade. Learning to spell involves, among other things, knowledge of how phonemes are linked to graphemes and how to use this information in order to spell accurately. In accordance with the results of numerous studies, this study confirms that phonological awareness plays a crucial role in predicting spelling development in the early stages (Caravolas, Volin, & Hulme, 2005; Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004).

STM visuo-associative capacity was the second predictive factor in kindergarten for conventional spelling performance in first grade. Lexical orthographic STM capacity is

directly related to the word-encoding process. This result suggests that the linguistic visuo-associative mnemonic mechanism is a critical component of learning new written words and is involved in developing new long-term representations of conventional written words. The findings are consistent with the view of Hulme, Goetz, Gooch, Adams, and Snowling (2007) that learning visual (orthography) to phonological mapping is an important skill for the development of reading, which differs from learning the correct conventional spellings of words.

LTM visuo-sequential capacity was the third predictive factor in kindergarten for conventional spelling in first grade. This result indicates the importance of lexical orthographic LTM capacity in the learning of spelling, and particularly the sequential mechanism. In opaque orthographic systems such as English and French, graphemes are more numerous than phonemes and multi-letter graphemes exist. Children must necessarily memorize correspondences between individual phonemes and the appropriate letters or sequences of letters if they are to learn phoneme-grapheme correspondences and spell correctly.

Thus, the analysis revealed a new finding: independently of the influence of phoneme awareness skills, the STM and LTM factors were significant additional predictors of phonological (in the choice of phoneme-grapheme correspondences) and conventional spelling accuracy. Moreover, the children demonstrated conventional orthographic spelling knowledge very early in their acquisition of literacy.

An effect of spelling regularity on memory was shown. Children recalled regularly spelled words (70%) more easily than irregular words (17.2%). Moreover, children recalled the correct spelling of the partially irregular word significantly more frequently (31%) than they did the completely irregular word. The result suggests that children perform significantly worse when the word is totally irregular than when it is partially or totally regular, probably because an irregular word must necessarily be memorized visually to be correctly spelled. This result confirms the findings of previous studies (Baluch & Danaye-Tousie, 2006; Lété et al., 2008) that words which have a transparent mapping are easier for

children to learn than those with an opaque mapping, since the transparent words more closely follow the letter-sound links that the children already possess. This result highlights the role of phonology in the creation of real word orthographic representations. However, in our sample the children were younger and were assessed before they began to acquire spelling.

At the end of the first grade, the most important predictors for conventional spelling accuracy are visual LTM and STM capacity, especially LTM for the serial order of linguistic visual items. Those two factors explain 45.2% of the total variance. The unique contributions of those two factors are respectively 14.51% and 4.88% of the variance. These results suggest that a good LTM visuo-sequential capacity allows children to develop a better orthographic lexicon by enabling them to create associations between letter strings and the phonological forms of words and more accurate representations of written words in visual LTM. Our results suggest that the accuracy of conventional orthographic representation primarily depends on retention in visual LTM rather than encoding in visual STM because visual LTM capacity explains a higher percentage of the total variance in spelling.

The first grade tasks evaluating STM and LTM capacities were more strongly correlated with conventional spelling performance ($r = 46.5\%$) than the kindergarten task evaluating STM and LTM with spelling performance on an invented spelling task ($r = 27\%$) in the first study by Stanké et al. (2008). The first grade tasks included only English written words, which were completely irregular according to French spelling rules, while the kindergarten tasks included three different types of French words (regular, semi-regular and irregular). One can formulate several hypotheses to explain this result. One of them is the linguistic aspect of the words. In kindergarten, the words were of variable regularity. As a matter of fact, two of the three words the children had to learn to spell could be completely or partially spelled by simple phoneme-grapheme translation. Regular words require the child to memorize only sound-letter pairs to be able to spell them, while irregular words require the child to memorize sound-letter string pairs. Regular words

represent a cognitively less demanding task from the point of view of lexical orthographic memory. In the first grade task, all the words were completely irregular. Thus, lexical orthographic STM and LTM were needed for the children to recall the spelling of those words.

Another possible explanation is age-related improvement in children's knowledge base in many domains. There is evidence that greater prior knowledge exerts both beneficial and detrimental effects on mnemonic accuracy (Elischberger, 2005; Greenhoot, 2000).

Within the present study, visuo-attentional capacities, as they were evaluated, did not seem to play a significant predictive role. This is not surprising because the orthographic task tested spelling knowledge with a recall task involving the written production of words, which makes fewer demands on the visual modality than a word recognition task like reading.

Our results provide some insight into spelling development in opaque orthographic systems such as French. They suggest that, at the very beginning of the process, lexical orthographic memory skills are one of the three necessary bases for the development of spelling. This study revealed the novel finding that visual STM and LTM capacities specific to lexical orthographic items contribute to spelling performance independently of phonological skills. The experiment showed that lexical orthographic STM and LTM capacities, measured prior to the acquisition of reading and spelling, predict subsequent spelling accuracy in the French first grade children. Furthermore, it demonstrated that lexical orthographic LTM capacity, measured in first grade, explains a large amount of the unique variance in conventional spelling accuracy. This finding corroborates those of neuroimaging studies, which have found lexical orthographic memory to be essential for the processing of written words (Proverbio et al., 2008; Vigneau et al., 2005).

Our results also offer some preliminary insights into the nature of the deficits that make it difficult for children to learn to read and spell. The hypothesis that some children

have difficulty maintaining associated pairs of sounds and letter strings in visual LTM is supported by our analyses. If such basic verbal cognitive functions are deficient, this may result in problems building an orthographic lexicon that is sufficiently precise and detailed to allow one to read and spell; thus, they may contribute to the emergence of reading and spelling disorders. These results indicate that we should continue to study the lexical orthographic LTM capacity of people who present a form of dyslexia and/or dysorthographia in order to better understand the heterogeneous nature of this population.

An isolated deficit affecting the retention of orthographic representations or an isolated deficit affecting phonological or visuo-attentional processing could lead to weak spelling performance. A deficit involving lexical orthographic memory would be more likely to affect specific lexical orthographic knowledge since this knowledge is directly subject to the child's capacity to memorize long sequences of letters that may or may not be associated with graphemes.

Although multiple precautions were taken to avoid indirect bias in this research, certain limitations were identified. In spite of exclusion tests set up to eliminate from the sample children presenting IQ deficits that could modify the results of the research, it is possible that some such children had not been identified and consequently may have formed part of the sample. However, the impact of this indirect bias on the results is minimal since several studies have shown that the correlation between IQ and reading and spelling abilities is very weak (David, Jack, Karla, Lyon, & et al., 2005; Francis et al., 2005; Kipffer-Piquard, 2003; Scarborough, 2001; Vellutino, Scanlon, & Lyon, 2000). Moreover, because of the large size of the sample, the impact on this indirect bias, however minimal, will be further diminished.

The results of this study, which shows that different factors have a significant and independent impact on the development of lexical orthographic knowledge, are extremely important since they will ultimately make it possible to modify the methods used for teaching, tracking and evaluating children learning to spell, as well as therapy for those who have problems.

Specifically regarding evaluation and intervention, the fact that we have identified the distinct role of orthographic lexical memory in the acquisition of written language (specifically for the acquisition of lexical spelling) makes it possible to consider tests to identify at an early stage children who present such a deficit and to put in place an early and targeted intervention.

5. Appendix

5.1. Stimuli Tested in Kindergarten

5.1.1. Stimuli Used in Phonological Awareness Test:

Demonstration items: locate the phoneme /i/. Words: ami, souris, champignon

Word test items: locate the phoneme /a/. Words: chapeau, renard, cadeau, escargot, panda, abeille, lavabo, chocolat.

5.1.2. Stimuli Used in Visuo-Attentional Test:

Demonstration items: target sequence 1: FATIB. Sequences of 5 or 6 letters: FATIB, FATIB, PARTIR, FATIB. Target sequence 2: SOLEI. Sequences of 5 letters: SOLEI, SSLEI, SOLIE, SOMEI. Sample test item: target sequence: MOTAL. Sequences of 5 letters: MOTAL, MOTHL, MOTAF, MOTAL.

5.1.3. Stimuli Used in Lexical Orthographic Memory Test: eau, six, dodo.

5.2. Stimuli Tested in First Grade

5.2.1. Stimuli Used in Lexical Orthographic Memory Test: duck, wolf, goat.

5.2.2. Stimuli Used in Sentence Dictation Test: Carlo est un garçon de six ans. Il aime jouer au ballon dans le parc.

6. References

- Alegria, J., & Mousty, P. (1996). The development of spelling procedures in French-speaking, normal and reading-disabled children: effects of frequency and lexicality. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(2), 312-338.
- Baluch, B., & Danaye-Tousie, M. (2006). Memory for words as a function of spelling transparency. *Journal of Psychology*, 140(2), 95-104.
- Bosse, M. L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, 104(2), 198-230.
- Bowey, J. A., & Muller, D. (2005). Phonological recoding and rapid orthographic learning in third-graders' silent reading: A critical test of the self-teaching hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92(3), 203-219.
- Bruck, M., Genesee, F., & Caravolas, M. (1997). A cross-linguistic study of early literacy acquisition. In B. Blachman (Ed.), *Foundations of reading acquisition and dyslexia: Implications for early intervention* (Vol. 145–162). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cao, F., Bitan, T., Chou, T. L., Burman, D. D., & Booth, J. R. (2006). Deficient orthographic and phonological representations in children with dyslexia revealed by brain activation patterns. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*(47), 1041-1050.
- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The Foundations of Spelling Ability: Evidence from a 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Memory and Language*, 45(4), 751-774.
- Caravolas, M., Volin, J., & Hulme, C. (2005). Phoneme awareness is a key component of alphabetic literacy skills in consistent and inconsistent orthographies: Evidence from Czech and English children. *Journal of Experimental Child Psychology*(92), 107-139.

- Casalis, S. (2004). Troubles phonologiques et sous-types de la dyslexie du développement. In A. Valdois, P. Colé & D. David (Eds.), *Apprentissage de la lecture et Dyslexies développementales*. Marseille: Solal.
- Cohen, L., & Dehaene, S. (2004). Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area. *Neuroimage*, 22(1), 466-476.
- Cohen, L., Dehaene, S., Vinckier, F., Jobert, A., & Montavont, A. (2008). Reading normal and degraded words: contribution of the dorsal and ventral visual pathways. *Neuroimage*, 40(1), 353-366.
- David, J. F., Jack, M. F., Karla, K. S., Lyon, G. R., & et al. (2005). Psychometric Approaches to the Identification of LD: IQ and Achievement Scores Are Not Sufficient. *Journal of Learning Disabilities*, 38(2), 98.
- Dehaene, S., Cohen, L., Sigman, M., & Vinckier, F. (2005). The neural code for written words: a proposal. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 335-341.
- Dreyer, L., Luke, S., & Melican, E. (1995). Children's Acquisition and Retention. In V. W. Berninger (Ed.), *The Varieties of Orthographic Knowledge - Relationships to Phonology, Reading, and Writing* (Vol. 2). London: Kluwer Academic.
- Écalle, J., & Magnan, A. (2002). *L'apprentissage de la lecture*. Paris: Armand Collin.
- Eden, G. F., Jones, K. M., Cappell, K., Gareau, L., Wood, F. B., Zeffiro, T. A., et al. (2004). Neural changes following remediation in adult developmental dyslexia. *Neuron*, 44(3), 411-422.
- Elischberger, H. B. (2005). The effects of prior knowledge on children's memory and suggestibility. *Journal of Experimental Child Psychology*, 92(3), 247-275.
- Ellis, N., & Cataldo, S. (1990). The role of spelling in learning to read. *Language and Education*(4), 1-28.
- Eme, E., & Golder, C. (2005). Word-reading and word-spelling styles of French beginners: Do all children learn to read and spell in the same way? *Reading and Writing*, 18, 157-188.

- Fayol, M., Zorman, M., & Lété, B. (2008). Associations and dissociations in reading and spelling French. Unexpectedly poor and good spellers. *British Journal of Educational Psychology*, 58, 952–977.
- Francis, D. J., Fletcher, J. M., Stuebing, K. K., Lyon, G. R., Shaywitz, B. A., & Shaywitz, S. E. (2005). Psychometric approaches to the identification of LD: IQ and achievement scores are not sufficient. *Journal of Learning Disabilities*(38), 98-108.
- Gaillard, R., Naccache, L., Pinel, P., Clemenceau, S., Volle, E., Hasboun, D., et al. (2006). Direct intracranial, FMRI, and lesion evidence for the causal role of left inferotemporal cortex in reading.[see comment]. *Neuron*, 50(2), 191-204.
- Goulandris, N. K., & Snowling, M. (1991). Visual memory deficits : A plausible cause of developmental dyslexia ? Evidence from a single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 8, 127-154.
- Greenhoot, A. F. (2000). Remembering and understanding: the effects of changes in underlying knowledge on children's recollections. *Child Development*, 71(5), 1309-1328.
- Hulme, C., Goetz, K., Gooch, D., Adams, J., & Snowling, M. J. (2007). Paired-associate learning, phoneme awareness, and learning to read. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(2), 150-166.
- Jaffré, J.-F. (2005). Introduction: the orthography of French. *L1 – Educational Studies in Language and Literature*, 5, 353–364.
- Kipffer-Piquard, A. (2003). *Étude longitudinale prédictive de la réussite et de l'échec spécifique à l'apprentissage de la lecture (suivi de 85 enfants de 4 ans à 8 ans)*. Université de Paris, Paris.
- Kronbichler, M., Hutzler, F., Staffen, W., Mair, A., Ladurner, G., & Wimmer, H. (2006). Evidence for a dysfunction of left posterior reading areas in German dyslexic readers. *Neuropsychologia*, 44(10), 1822-1832.
- Lété, B., Peereman, R., & Fayol, M. (2008). Consistency and word-frequency effects on spelling among first- to fifth-grade French children: A regression-based study. *Journal of Memory and Language*, 58(4), 952-977.

- Lété, B., Sprenger-Charolles, L., & Cole, P. (2004). MANULEX: A grade-level lexical database from French elementary school readers. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 36(1), 156-166.
- Manis, F. R., McBride-Chang, C., Seidenberg, M. S., Keating, P., Doi, L. M., Munson, B., et al. (1997). Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*(66), 211-235.
- McCrory, E. J., Mechelli, A., Frith, U., & Price, C. J. (2005). More than words: a common neural basis for reading and naming deficits in developmental dyslexia? *Brain*, 128(Pt 2), 261-267.
- Morin, M.-F. (2002). *Le développement des habiletés orthographiques chez des sujets francophones entre la fin de la maternelle et de la première année*. Unpublished Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec.
- Ouellette, G., & Senechal, M. (2008). Pathways to literacy: a study of invented spelling and its role in learning to read. *Child Development*, 79(4), 899-913.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2005). Children's implicit learning of graphotactic and morphological regularities. *Child development*, 76(2), 324-339.
- Peereman, R., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: Distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, and infralexical and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 39(3), 579.
- Perfetti, C., Fayol, M., & Rieben, L. (1997). *Learning to spell*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Poncellet, M., Schyns, T., & Majerus, S. (2003). Further evidence for persisting difficulties in orthographic learning in highly educated adults with a history of developmental dyslexia. *Brain and Language*, 87(1), 145-146.
- Pothier, B., & Pothier, P. (2003). *EOLE: Échelle d'acquisition en orthographe lexicale*. Paris: Retz.
- Proverbio, A. M., Zani, A., & Adorni, R. (2008). The left fusiform area is affected by written frequency of words. *Neuropsychologia*, 46(9), 2292-2299.

- Pugh, K. R., Mencl, W. E., Shaywitz, B. A., Shaywitz, S. E., Fulbright, R. K., Constable, R. T., et al. (2000). The angular gyrus in developmental dyslexia: task-specific differences in functional connectivity within posterior cortex. *Psychological Science, 11*(1), 51-56.
- Rapcsak, S. Z., & Beeson, P. M. (2004). The role of left posterior inferior temporal cortex in spelling. *Neurology, 62*(12), 2221-2229.
- Romani, C., Ward, J., & Olson, A. (1999). Developmental surface dysgraphia: What is the underlying cognitive impairment? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 52*(1), 97-128.
- Salmelin, R., Helenius, P., & Service, E. (2000). Neurophysiology of fluent and impaired reading: A magnetoencephalographic approach. *Journal of Clinical Neurophysiology, 17*(2), 163-174.
- Samuelsson, S., Bogges, T. R., & Karlsson, T. (2000). Visual implicit memory deficit and developmental surface dyslexia: a case of early occipital damage. *Cortex, 36*(3), 365-376.
- Scarborough, H. S. (2001). *Connecting early language and literacy to later reading (dis)abilities : Evidence, theory, and practice*. New York: Guilford Press.
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology, 94*(2), 143-174.
- Silva, C., & Martins, A. (2003). Relations between children's invented spelling and the development of phonological awareness. *Educational Psychology, 23*(1), 3-16.
- Simos, P. G., Fletcher, J. M., Foorman, B. R., Francis, D. J., Castillo, E. M., Davis, R. N., et al. (2002). Brain activation profiles during the early stages of reading acquisition. *Journal of Child Neurology, 17*(3), 159-163.
- Sprenger-Charolles, L., Cole, P., Lacert, P., & Serniclaes, W. (2000). On subtypes of developmental dyslexia: Evidence from processing time and accuracy scores. *Canadian Journal of Experimental Psychology, 54*(2), 87-104.
- Sprenger-Charolles, L., Siegel, L. S., Bechennec, D., & Serniclaes, W. (2003). Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in

- silent reading, and in spelling: a four-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 84(3), 194-217.
- Stanké, B., Flessas, J., & Ska, B. (2008). Le rôle de la mémoire lexicale orthographique dans l'acquisition des connaissances orthographiques des enfants de maternelle 5 ans. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (A.N.A.E)*, 100, 326-335.
- Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): What have we learned in the past four decades? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(1), 2-40.
- Vellutino, F. R., Scanlon, D. M., & Lyon, R. G. (2000). Differentiating Between Bifficult-to-remediate and Readily Remetiate Poor Readers. More Evidence Against the IQ-Achievement Discrepancy Definition of Reading Disability. *Journal of Learning Disabilities*, 33(3), 223-239.
- Vigneau, M., Jobard, G., Mazoyer, B., & Tzourio-Mazoyer, N. (2005). Word and non-word reading: What role for the Visual Word Form Area? *Neuroimage*, 27(3), 694-705.
- Wood, F. B., Hill, D. F., Meyer, M. S., & Flowers, D. L. (2005). Predictive assessment of reading. *Annals of Dyslexia*(55), 193-216.
- Ziegler, J. C., Stone, G. O., & Jacobs, A. M. (1996). Statistical analysis of the bidirectional consistency of spelling and sound in French. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 28(4), 504-515.

Article 3 : Effets prédictifs des connaissances orthographiques implicites chez les enfants de 5 ans sur leurs connaissances explicites ultérieures

Brigitte Stanké, Janine Flessas et Bernadette Ska

Article soumis à la revue

Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (A.N.A.E)

Résumé

Le but de cette recherche longitudinale est d'étudier le lien entre les connaissances orthographiques implicites (avant l'apprentissage formel de l'écrit) et les connaissances lexicales explicites ultérieures. Les données ont été recueillies auprès de 118 enfants québécois francophones fréquentant la dernière année de maternelle à l'aide d'une épreuve d'orthographe approchée et d'épreuves évaluant les facteurs cognitifs en jeu dans l'apprentissage du langage écrit (traitement phonologique, traitement visuoattentionnel et mémoire à court et à long terme). Les connaissances lexicales orthographiques explicites de ces mêmes enfants ont été évaluées en fin de première et de deuxième année. Les résultats indiquent que les enfants de maternelle possèdent des connaissances orthographiques avant même de faire l'apprentissage formel de l'écrit. Parmi les facteurs étudiés, c'est le niveau des connaissances orthographiques des enfants de maternelle qui permet le mieux de prédire les connaissances orthographiques de première et de deuxième année.

Mots clés : Acquisition de l'orthographe ; connaissances lexicales orthographiques ; mémoire lexicale orthographique ; orthographe inventée.

Summary

The aim of this longitudinal research was to study the relationship between the implicit orthographic knowledge (before formal teaching of the spelling system) and the explicit subsequent lexical knowledge. The data were collected from 118 Quebec French-speaking children attending their last year of kindergarten. The tasks assessed "invented spelling", phonological awareness, visuo-attentional processing and visual orthographic short- and long-term memory. The lexical explicit orthographic knowledge of these same children was evaluated at the end of their first and second grade. The results show that the kindergarten children have an orthographic knowledge even before their formal apprenticeship of the spelling system. Among the factors being studied, the level of orthographic knowledge in kindergarten is the best predictor of the orthographic knowledge in first and second grades.

Keywords: Spelling, Invented spelling, development, conventional, lexicon, orthographic knowledge.

1. Introduction

Tout système d'écriture alphabétique repose sur deux grands principes : la phonographie et la sémiographie (Jaffré, 2005, 2006). La phonographie désigne les correspondances entre les unités phoniques et graphiques d'une langue (phonogrammes et syllabogrammes). La sémiographie désigne la représentation graphique du sens linguistique. Elle s'organise selon une double distinction : les lexèmes et les morphèmes.

Catach (1978) définit le français écrit comme étant un plurisystème dans lequel coexistent des unités significatives et non significatives. Les mots y sont représentés selon trois dimensions linguistiques ayant pour fonctions la première de transposer à l'écrit les phonèmes des mots (dimension phonographémique), la seconde de véhiculer le sens

(dimension morphographémique) et la troisième de distinguer les homophones (dimension logographique).

La dimension phonographémique du système orthographique français est particulièrement complexe puisque le français est, tout comme l'anglais, une langue inconsistante dont la plupart des phonèmes peuvent être représentés par plusieurs graphèmes (36 phonèmes pour 130 graphèmes en français ; 40 phonèmes pour 1 100 graphèmes en anglais). L'étude de Peereman et de ses collaborateurs (2007) a montré que l'inconsistance phonographémique en français est plus élevée (46 %) que l'inconsistance graphophonémique (15 %) et que cette différence s'observe essentiellement à la fin des mots.

La dimension morphographémique du français est elle aussi complexe. Les morphogrammes dérivationnels (affixes) et flexionnels (lettre ou groupe de lettres qui marque le nombre, le genre, le temps, etc.) sont pour la plupart inconsistants et sans contrepartie phonologique (Peereman & Sprenger-Charolles, 2007). Les morphogrammes verbaux sont homophones hétérographes (même forme phonologique pour des formes écrites différentes, ex. : il mange – ils mangent) dans plus de 80 % des cas.

Enfin, la dimension logographique n'est pas sans poser elle aussi de nombreux problèmes pour l'apprenti scripteur, car le français comporte de nombreux logogrammes hétérographes (ex. : vers, verre, ver, vert, vair).

Les effets de complexité du système orthographique du français rendent, tant en lecture qu'en production écrite de mots, l'acquisition des connaissances orthographiques plus difficile que celle de langues transparentes telles que l'espagnol et l'italien (Alegria & Mousty, 1996; Lété, 2008; Seymour et al., 2003; Weekes et al., 2006) et produisent, par conséquent, une plus grande charge en mémoire lexicale orthographique.

Lété, Peereman et Fayol (2008) ont mené la première étude en langue française cherchant à expliquer l'évolution des connaissances orthographiques dans des tâches de

production orthographique d'enfants âgés de 6 à 11 ans à l'aide des mesures de consistance phonographémique de *Manulex-infra* (base de données qui fournit une mesure statistique de la consistance orthographique des mots à trois étapes du développement, CP, CE1 et CE2 et CM2 ; (Peereman & Sprenger-Charolles, 2007)).

Les résultats de l'étude ont mis en évidence une difficulté importante dans l'acquisition de l'orthographe imputable aux dimensions phonographémique et morphographémique des mots. Autrement dit, orthographier est beaucoup plus difficile que lire dans des langues inconsistantes comme le français que dans des langues plus transparentes.

Ainsi, du fait de la complexité du système orthographique du français, les enfants doivent acquérir quatre types de connaissances pour être en mesure de produire l'orthographe conventionnelle des mots (Fayol, 2006a): des connaissances orthographiques phonologiques, des connaissances orthographiques générales (graphotactiques) portant sur les associations régulières et fréquentes des graphèmes, des connaissances orthographiques spécifiques ou lexicales portant sur la forme conventionnelle des mots, et enfin des connaissances orthographiques morphologiques dérivationnelles et flexionnelles.

Les recherches menées depuis de nombreuses années tant en psychologie qu'en neuropsychologie cognitive ont proposé des modèles de lecture et d'orthographe spécifiant les mécanismes de traitement impliqués dans la reconnaissance et la production du langage écrit. Ces modèles permettent d'émettre des hypothèses sur les mécanismes sous-jacents au fonctionnement normal ou pathologique. La variation dans l'acquisition du langage écrit est expliquée par plusieurs hypothèses qui réfèrent soit aux différents processus et représentations (modèle à double voie) soit aux différents déficits pour des représentations communes (modèle connexionniste).

Les modèles développementaux (Ehri, 2005; Frith, 1985; Gentry, 1982; Seymour, 1997) présentent les stratégies qu'un enfant doit apprendre à maîtriser afin de devenir un lecteur et un scripteur compétents. Ils comportent principalement deux types de processus :

phonologique et orthographique. Les connaissances relatives aux mots écrits stockés en mémoire sont de nature soit phonologique soit orthographique.

Selon ces modèles, l'acquisition des connaissances orthographiques procède par stades successifs caractérisés par la mise en jeu de processus cognitifs qualitativement différents. Ces modèles ont été élaborés à partir de l'analyse des erreurs orthographiques commises par les enfants lorsqu'ils écrivent des mots nouveaux.

Pour Henderson et Gentry (1982), l'acquisition de l'orthographe débute avant que l'enfant n'apprenne la correspondance phonème-graphème, tandis que, dans les modèles proposés par Frith (1985) et par Ehri (2005), lecture et orthographe entretiennent des relations étroites. Selon ces deux derniers auteurs, les compétences en lecture et en orthographe se construiraient en décalage et se termineraient par l'acquisition des connaissances orthographiques. Frith (1985) et Ehri (2005) décrivent les phases/étapes où la lecture et l'écriture précoces pourraient être interprétées comme étant implicites et le développement ultérieur comme étant une explicitation graduelle de cette connaissance. Ces deux modèles supposent, qu'à partir du moment où l'enfant a compris le principe du système alphabétique, il utiliserait ses connaissances sur le nom des lettres et/ou les correspondances graphophonémiques pour représenter graphiquement les sons des mots.

Les modèles interactifs proposent des idées similaires. Selon Seymour (1997), de bonnes connaissances alphabétiques sont nécessaires à l'acquisition des connaissances orthographiques. Son modèle propose une troisième composante conçue pour coder des connaissances morphologiques liées aux mots (racine, préfixe et suffixe), soit la structure morphographique. Le développement de cette structure ne pourrait se faire sans le développement initial de la structure orthographique.

Contrairement aux modèles en stades, qui sont surtout descriptifs, le modèle de Seymour rend compte de la dynamique et de la structure hiérarchique du développement des compétences en lecture et orthographe en mettant en jeu une double fondation, alphabétique et logographique. Sur ces fondations s'étaie la structure morphographique qui

encode les propriétés abstraites du système orthographique en interaction réciproque avec la conscience phonologique. Comme dans les modèles en stades, certaines étapes sont nécessaires selon Seymour. Ainsi, les fondations basées sur les processus logographiques et alphabétiques doivent avoir atteint un certain niveau de développement avant que la structure orthographique ne puisse s'amorcer.

Tous ces modèles développementaux accordent un rôle important au traitement phonologique et postulent que l'acquisition de l'orthographe lexicale est conditionnée par l'apprentissage préalable des correspondances graphophonémiques, qu'elle procède selon une succession de stades et que ce n'est qu'à partir d'une expérience importante en lecture que se développeraient les représentations orthographiques spécifiques.

Share (1995) est l'un des premiers auteurs à considérer que les connaissances orthographiques ne sont pas uniquement la conséquence des compétences phonologiques. Selon lui, d'autres facteurs — telles que la quantité et la qualité de l'exposition à l'écrit, la capacité de porter attention aux détails orthographiques et les capacités de mémoire visuelle et lexicale — contribuent également à la mémorisation des connaissances orthographiques.

Share suggère que chaque recodage phonologique contribue à développer les connaissances orthographiques spécifiques des mots rencontrés selon un mécanisme d'autoapprentissage. Il suppose que la procédure de mémorisation dépend de la fréquence d'exposition aux mots de même que de la nature et de la réussite de l'identification à la suite du décodage phonologique. Selon Share, il suffirait de 3 ou 4 rencontres d'un mot pour que ce mot soit traité par un processus orthographique.

L'hypothèse de l'autoapprentissage ne permet toutefois pas d'expliquer que certains individus, malgré un traitement phonologique et un décodage adéquats ainsi qu'une importante exposition à l'écrit, ne parviennent pas à acquérir des connaissances orthographiques suffisantes pour produire les mots écrits.

Cette conception du développement par étapes successives est contredite par la mise en évidence de capacités précoces des enfants à utiliser diverses connaissances, et ce, bien avant l'apprentissage formel du langage écrit. En effet, différentes études et particulièrement celles portant sur l'émergence de l'écrit (Bégin, 2005a; Besse & Montésinos-Gelet, 2003; David, 2003b; Écalle et al., 2002; Martinet et al., 2004; Morin, 2002a; Stanké et al., 2008) ont montré que les enfants sont en mesure de faire preuve de connaissances lexicales orthographiques dépassant la conception selon laquelle l'écrit correspond uniquement à une transposition graphique des éléments phonémiques à partir de l'oral et ces connaissances sont acquises de façon implicite, bien avant l'apprentissage formel du langage écrit.

Les modèles connexionnistes d'Ans et de ses collaborateurs (1998), de Seidenberg et McClelland (1989), ainsi que de Plaut et de ses collaborateurs (1996) délaissent les modèles par étapes et adoptent une conception interactive et multidimensionnelle de l'acquisition de l'orthographe. Contrairement aux modèles en stades, ces modèles considèrent que l'acquisition des formes orthographiques débute dès que l'enfant est exposé aux mots écrits et à des formes phonologiques, qui s'influencent mutuellement dès le début de l'apprentissage. Les modèles connexionnistes accordent une place prépondérante à l'apprentissage implicite du langage écrit. Parmi ces modèles, le modèle d'Ans et ses collaborateurs (1998) met en évidence le rôle prépondérant de l'empan visuoattentionnel (nombre de lettres d'un mot traité visuellement simultanément) dans la mise en place d'une mémoire lexicale efficace.

Les modèles connexionnistes se distinguent des modèles développementaux cognitivistes par la conception du traitement de l'information, qui se rapproche du fonctionnement d'un système nerveux ou d'un ordinateur dans lequel les systèmes de connaissances phonologiques, orthographiques et sémantiques sont constamment interconnectés. Selon cette conception, c'est l'exposition répétée à l'écrit qui permettra l'acquisition de connaissances orthographiques, grâce à l'association entre les différents systèmes — orthographique, phonologique et sémantique — par un apprentissage implicite.

Plusieurs études montrent effectivement que l'apprentissage implicite participe à l'acquisition des connaissances orthographiques (Bosse, Valdois, & Tainturier, 2003b; Martinet et al., 2004; Ouellette & Sénéchal, 2008; Pacton, Fayol et al., 2005a; Pacton et al., 2001b; Wright & Ehri, 2007b). Les enfants ont une sensibilité précoce aux aspects purement orthographiques du français écrit qui témoigne d'une connaissance des régularités orthographiques (alphabétiques, graphotactiques et morphologiques) acquise de façon implicite, et ce, avant même l'apprentissage formel de l'écrit. L'étude de Ouellette et Sénéchal (2008) a en effet montré que les enfants âgés de 5 ans ont une sensibilité relative à l'ordre des lettres ainsi qu'à certaines associations phonographémiques fréquentes du français écrit. Ainsi, avant l'apprentissage explicite du langage écrit, l'enfant se construit un ensemble de connaissances orthographiques acquises de façon implicite sur lequel s'intégreront les connaissances orthographiques explicites fournies par un enseignement formel.

Alors que jusqu'à présent les modèles développementaux en stades ont ignoré l'apprentissage implicite, les modèles connexionnistes insistent davantage sur ce type d'apprentissage. De plus, les modèles développementaux ont également délaissé la dimension morphologique des connaissances, bien que celle-ci intervienne précocement.

Tout comme les modèles connexionnistes, le modèle d'apprentissage par analogies de Gombert (2005; Gombert et al., 1997) considère que l'acquisition des connaissances orthographiques se développe initialement par apprentissage implicite, grâce notamment à l'exposition à l'écrit. Avant l'apprentissage formel de l'écrit, l'enfant rencontre dans son environnement des mots écrits à plusieurs reprises. Il les reconnaît de manière logographique, par mémorisation d'indices visuels saillants. À cette période, aucun traitement linguistique n'est effectué.

Grâce à cette procédure, que Gombert (2005) qualifie de « prélecture », le système associe des configurations orthographiques à des configurations phonologiques et à leur signification. Le système utiliserait en premier lieu les régularités orthographiques de la langue correspondant aux unités phonologiques les plus prégnantes (syllabes, rimes),

annonçant l'installation de procédures analogiques. Ces premières représentations orthographiques et phonologiques, acquises par apprentissage implicite, constitueraient un précurseur nécessaire rendant possible l'acquisition des connaissances orthographiques ultérieures. La mise en correspondance de régularités orthographiques et phonologiques, stockées en mémoire, serait utilisée par le système cognitif pour permettre le traitement de nouveaux mots voisins orthographiques et/ou phonologiques (Gombert et al., 1997). Ces activités engendrent des processus d'autoapprentissage implicite par analogie. Le processus analogique serait d'abord utilisé en lecture et plus tardivement en orthographe, car la tâche de lecture serait moins coûteuse sur le plan cognitif que celle de l'orthographe. En effet, lire est avant tout une tâche de reconnaissance tandis qu'orthographier est davantage une tâche de rappel de configurations de lettres gardées en mémoire. Le moteur de l'apprentissage du langage écrit est de nature fréquentielle et se poursuit tout au long de la vie (Gombert, 2005). Toutefois, ces processus implicites ne sont pas suffisants pour conduire à une lecture fonctionnelle. C'est sur la base des apprentissages implicites qu'un enseignement explicite repose et va permettre un traitement phonologique et orthographique fonctionnel (Gombert, 2003). L'apprentissage explicite a pour effet de décupler l'apprentissage implicite en conduisant l'enfant à multiplier et varier la manipulation de l'écrit.

Le modèle de Gombert a l'avantage de tenir compte du rôle important et précoce des connaissances lexicales orthographiques dans l'acquisition du langage écrit. Plusieurs chercheurs ont tenté de détailler les différentes connaissances orthographiques dont disposent les apprentis scripteurs pour produire la forme orthographique des mots ainsi que les facteurs cognitifs qui sous-tendent l'acquisition de ces connaissances. Plusieurs études portant sur l'éveil à l'écrit ont utilisé des tâches d'orthographe inventée. Le concept d'orthographe inventée a été développé afin de mieux comprendre la manière dont le jeune apprenant se représente le langage écrit et les hypothèses qu'il élabore pour interpréter et utiliser le système orthographique de son environnement avant l'apprentissage formel de l'écrit.

Besse (2000) a suggéré l'appellation « orthographe approchée » plutôt qu'« orthographe inventée », car les formes écrites des enfants, bien qu'elles soient le plus souvent non conventionnelles, ne sont pas que des inventions, mais témoignent des conceptualisations et des représentations du système orthographique qu'ils se sont construites, tant à partir de leur connaissance des correspondances phonographémiques que des souvenirs visuels de mots qui leur sont familiers, par exemple leur propre prénom.

À partir de l'analyse de productions écrites et de commentaires métagraphiques (verbalisation des traces graphiques produites), des études ont montré que, bien avant de faire l'apprentissage formel de l'écriture et de l'orthographe, les jeunes scripteurs disposent de diverses connaissances phonographémiques, logographiques et morphologiques (Bégin, 2005a; Besse & Montésinos-Gelet, 2003; David, 2003a; Jaffré, 2003; Morin, 2002a) et ont recours — de façon cooccurrence et alternative — à divers processus phonologiques, orthographiques et analogiques (Paza et al., 2006) qui leur permettent de produire des formes orthographiques que David qualifie de « préconventionnelles ».

Un autre ensemble de recherches a étudié l'impact des activités précoces d'orthographe approchée sur les performances en lecture et/ou en orthographe des enfants de maternelle et de première année. Les résultats de ces études ont montré que ces expériences précoces facilitent l'acquisition de l'écrit (Frost, 2005; McBride-Chang, 1998; McBride-Chang & Suk-Han Ho, 2005; Ouellette & Sénéchal, 2008; Rieben, 2003).

D'autres recherches ont mis en évidence une corrélation notable entre le niveau des connaissances orthographiques précoces des scripteurs et les facteurs cognitifs qui soutiennent leur apprentissage du langage écrit. Plusieurs études ont en effet mis en évidence des corrélations significatives entre les capacités de traitement phonologique et le niveau des compétences en orthographe approchée de mots ou de non-mots (Bégin, 2005a; Caravolas et al., 2001; Frost, 2001; Lombardino et al., 1999; Morin, 2002a; Ouellette & Sénéchal, 2008; Ritchey, 2008). L'étude de Ouellette et Sénéchal (Ouellette & Sénéchal, 2008) a également permis de mettre en lumière une contribution significative de la capacité métamorphologique sur le niveau des connaissances orthographiques précoces. Caravolas,

Hulmes et Snowling (2001) ont quant à eux rapporté un lien entre la capacité de mémoire de travail et le niveau des connaissances orthographiques avant l'apprentissage formel de l'écrit. Ces résultats n'ont toutefois pas été retrouvés par Ouellette et Sénécal (2008a). D'autres travaux récents conduits par Stanké, Flessas et Ska (2008 ; manuscrit en préparation) ont aussi permis de montrer un lien important et significatif entre la capacité de mémoire lexicale orthographique et les compétences orthographiques précoces.

Des études longitudinales récentes ont révélé que le niveau des connaissances orthographiques acquises avant l'apprentissage formel du langage écrit est un bon prédicteur des compétences ultérieures en lecture (Caravolas et al., 2001) et en orthographe (Ahmed & Lombardino, 2000; Bégin, 2005a; Frost, 2001, 2005; Lombardino et al., 1999; Morin, 2002a).

En résumé, les recherches visant à mieux comprendre le développement de l'acquisition du langage écrit attestent l'importance des connaissances orthographiques implicites élaborées par l'enfant avant même l'apprentissage formel de la lecture et de l'orthographe dans le développement ultérieur de ces compétences et corroborent la conception multidimensionnelle de l'acquisition du langage écrit.

L'objectif de la présente recherche est d'étudier le rôle prédictif du niveau des connaissances orthographiques des enfants de maternelle sur le niveau ultérieur de leurs connaissances orthographiques en première et deuxième année, en lien avec les capacités cognitives qui sous-tendent l'apprentissage du langage écrit, en particulier le traitement phonologique, visuoattentionnel et la mémoire lexicale orthographique. Cette recherche a été réalisée en trois phases expérimentales. La première phase a été réalisée en fin de maternelle et a permis de mettre en évidence le lien direct entre la mémoire lexicale orthographique et les connaissances orthographiques implicites de ces enfants (Stanké et al., 2008). La deuxième phase, en fin de première année et chez les mêmes sujets, a permis de démontrer le rôle prédictif de cette mémoire lexicale orthographique sur l'acquisition ultérieure de connaissances orthographiques explicites et le maintien de celle-ci à long terme (Stanké, manuscrit en préparation). Enfin, la troisième phase, qui fait l'objet de cet

article, a été réalisée en fin de deuxième année et elle vise à mettre en lumière le rôle prédictif des connaissances implicites développées en maternelle sur l'étendue ultérieure des connaissances explicites, à la base de l'acquisition d'une orthographe de plus en plus précise et étendue.

2. Méthodologie

2.1. Participants

La présente étude porte sur un échantillon de 118 enfants québécois (52 garçons et 66 filles) de la maternelle 5 ans (grande section) à la fin de leur deuxième année du primaire. Pour ce faire, il a fallu suivre les enfants à travers leur scolarité, quelle que soit la classe ou l'école fréquentée de la maternelle à la deuxième année. Cette sélection a donc permis de considérer l'éventuel « effet de groupe » auquel a appartenu l'enfant lorsqu'il fréquentait la maternelle.

Les enfants sont issus d'un milieu socioéconomique moyen et proviennent de différentes écoles publiques des environs de Montréal et à Québec. Ils ont tous été évalués aux mêmes trois moments différents, soit en mai 2006, en mai 2007 et en mai 2008.

La sélection des participants de l'étude avait été réalisée par les enseignants (es) des élèves. Les enfants sont de langue maternelle française et ont une intelligence et un comportement paraissant se situer dans la moyenne des enfants de leur âge. Tous les enfants de maternelle de cette étude avaient appris à écrire les lettres de l'alphabet ainsi que les correspondances phonographémiques de base. Aucun des participants ne savait lire.

Des lettres de consentement à la participation à la recherche ont été signées par l'un des parents de chaque enfant.

Ont été exclus de la sélection de l'échantillon les enfants présentant un déficit sensorimoteur, un retard ou trouble du langage, de même que toute autre comorbidité fonctionnelle ou tout autre trouble (déficience intellectuelle, épilepsie, syndrome Gilles de la Tourette, etc.).

Le recrutement a été réalisé dans les commissions scolaires où la chercheure principale (orthophoniste) avait établi des contacts professionnels à l'occasion de collaborations ou d'activités de formation antérieures.

Cette recherche a été approuvée par le jury du Comité scientifique des sciences biomédicales de l'Université de Montréal et par le Comité d'éthique de la recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal, où travaille l'une des chercheures.

2.2. Épreuves

Le matériel est constitué d'épreuves pouvant être administrées en groupe. Il a été choisi de façon à évaluer les facteurs cognitifs en jeu dans l'apprentissage des connaissances orthographiques, soit les capacités de traitement phonologique, d'attention visuelle et de mémoire lexicale orthographique. Le matériel comprend aussi des épreuves visant à évaluer les connaissances orthographiques dont disposent les apprentis scripteurs. Les épreuves ainsi que la procédure expérimentale sont décrites ci-dessous. Le déroulement des différentes évaluations est quant à lui présenté dans le tableau 1.

2.2.1. Épreuves de maternelle

En maternelle, le matériel était constitué d'une épreuve d'orthographe approchée pour évaluer le niveau des connaissances orthographiques dont disposent les apprentis scripteurs.

2.2.1.1. Connaissances orthographiques (CO)

Les apprentis scribes de maternelle ont été soumis à une tâche d'orthographe approchée permettant d'induire différents types de traitements, dont les traitements phonologique et orthographique, et d'évaluer les connaissances lexicales orthographiques, de façon plus précise qu'avec une tâche de reconnaissance. Cette tâche correspond à l'écriture de 2 phrases comportant chacune 4 mots de structure syllabique simple de 1 à 2 syllabes (« Le bébé fait dodo. » ; « J'aime ma maman. »). Le choix des mots a été motivé par leur fréquence en lecture (base de données Manulex niveau CP (Peereman *et al.*, 2007), par leur régularité et par leur facilité à être transcrits selon l'échelle d'acquisition en orthographe lexicale (Pothier & Pothier, 2003).

La tâche se déroule en deux temps. L'expérimentateur présente d'abord aux enfants l'image illustrant la phrase à écrire. Il les invite ensuite à écrire sous l'image la phrase dictée en leur demandant d'utiliser de leur mieux leurs connaissances en langage écrit. La grille d'analyse utilisée pour quantifier les connaissances orthographiques des enfants vise à évaluer les connaissances lexicales orthographiques implicites. Rappelons que ces connaissances implicites s'appuient nécessairement sur l'enseignement préalable, donc explicite, des correspondances phonographémiques ainsi que sur les souvenirs visuels qui se sont constitués à partir des mots familiers à l'enfant. Pour évaluer les connaissances lexicales orthographiques, nous avons opté pour l'utilisation de la lettre comme mesure, car elle constitue à notre avis une mesure plus précise que les phonogrammes (unités graphiques permettant de transcrire les phonèmes des mots) ; la lettre permet en effet de tenir compte de l'évolution de la précision des représentations lexicales orthographiques (ex. : b*b* ; bebe ; bèbè ; bébé).

Cotation de l'épreuve. Un point est accordé pour chaque lettre produite dans la bonne séquence qui respecte l'orthographe du mot (ex. : « fait » écrit « fit » vaut 3 points). Un point est accordé pour la production adéquate de chaque signe diacritique (ex. : « bébé » vaut 6 points). Un demi-point est accordé pour chaque substitution phonologiquement plausible (ex. : « fait » écrit « fê » vaut 1,5 point). Un demi-point est retranché chaque fois que 2 lettres consécutives sont produites dans une séquence inverse (ex. : « dodo » écrit

« odod » vaut 3 points). Aucun point n'est retranché pour chaque substitution de lettre correspondant à une des confusions visuelles suivantes : b/d ; d/b ; m/n (ex. : « bébé » écrit « dédé ».) Un demi-point est retranché pour chaque substitution de lettre correspondant à une des confusions auditives suivantes : p/b ; f/v ; ch/j (ex. : « fait » écrit « vait » vaut 3,5 points). Seulement un demi-point est accordé pour l'utilisation d'un signe diacritique inversé (ex. : « bébé » écrit « bèbè » vaut 5 points). Le score maximal est de 29. La fidélité interjuge de la cotation effectuée sur 20 % de l'échantillon est de 98,9 %.

Les trois autres épreuves ont été conçues pour évaluer les rôles respectifs des facteurs cognitifs suivants, le traitement phonologique, l'attention visuelle et la mémoire lexicale orthographique, sur l'apprentissage orthographique de nouveaux mots.

2.2.1.2. Épreuve de traitement phonologique (TP)

La capacité de traitement phonologique a été évaluée au moyen d'une tâche de localisation d'un phonème dans la syllabe d'un mot.

L'épreuve comprend 8 mots imagés contenant tous le phonème a, de longueurs et de complexités variables (5 bisyllabiques et 3 trisyllabiques ; 5 structures simples de type CV (ex. : chapeau) et 3 structures complexes de type CVC (ex. : escargot) et un mot, lavabo, comprenant deux phonèmes a). Sur la même ligne que le mot se trouvent des cercles vides représentant les syllabes. Chaque image a été dénommée par l'expérimentateur. Immédiatement après, les enfants ont été invités à localiser le phonème /a/ dans la syllabe du mot en inscrivant un x dans le cercle correspondant à cette syllabe. Par exemple, pour le mot chapeau, l'enfant devait faire un x dans le premier cercle correspondant à la syllabe contenant le phonème a.

Cotation de l'épreuve. Le score maximal de cette épreuve est de 9 points.

2.2.1.3. Épreuve de traitement visuoattentionnel (TVA)

Cette épreuve a pour but d'évaluer les capacités visuoattentionnelles. Elle consiste en une épreuve de repérage d'une ou deux séquences cibles de 5 lettres parmi un ensemble de distracteurs, comportant d'autres séquences de 5 lettres. Au total, la tâche comporte 13 séquences cibles à repérer. Par exemple, la séquence cible MOTAL devait être choisie deux fois parmi MOTAL MOTHL MOTAF MOTAL. Cette épreuve est réalisée dans un temps limité de 5 minutes.

Cotation de l'épreuve. Un point est accordé pour chaque séquence repérée, pour un score maximal de 13 points.

2.2.1.4. Épreuves de mémoire lexicale orthographique

La mémoire lexicale orthographique à court et à long terme a été évaluée au moyen d'une épreuve de rappel immédiat et différé de mots appris dans une tâche de production écrite. Cette épreuve s'est déroulée en deux temps : le temps 1 correspondant à la journée de la passation des épreuves et le temps 2 correspondant à 7 à 8 jours suivants le temps 1, le délai entre les deux rappels ayant pour but de mesurer les capacités de maintien à long terme des mots appris. L'épreuve comporte 3 mots écrits, *eau – six – dodo*, que l'enfant apprend à orthographier en recopiant 8 fois chaque mot sous l'image lui correspondant. Aussitôt après que les enfants aient recopié les mots, un premier rappel (rappel immédiat) a été réalisé (temps 1). L'expérimentateur a invité les enfants à écrire de mémoire les 3 mots sous leur image correspondante. Puis, un deuxième rappel (rappel à long terme) a été effectué 7 à 8 jours suivant le premier rappel. Les mots choisis sont de haute fréquence tant à l'oral qu'à l'écrit, mais représentent des degrés de régularité variables, ce qui permet d'évaluer si l'enfant les a mémorisés ou non. Les mots *eau* et *six* doivent nécessairement avoir été mémorisés visuellement pour être orthographiés correctement.

Afin d'étudier les différents processus mnésiques qui sous-tendent l'acquisition du lexique orthographique, nous avons tenté d'isoler les mécanismes d'apprentissage hypothétiquement mis en œuvre par les jeunes scripteurs pour acquérir la représentation visuelle des mots proposés. Par mécanisme d'apprentissage, nous entendons les

mécanismes à la base des associations mot oral – mot écrit – signification. Cette épreuve est cotée sur 10 points pour chacun des mécanismes identifiés ci-dessous et les scores ont été comptabilisés séparément pour chacune des deux tâches de mémoire.

2.2.1.4.1. Mécanisme visuo-spatial (vs) : un point est accordé chaque fois qu'une lettre de l'un des mots occupe la position qu'elle doit occuper lorsque le mot est bien orthographié (première, deuxième, ..., dernière position) dans la bonne position indépendamment de l'image sous laquelle apparaît la lettre. Par exemple, 1 point est accordé si la lettre *x*, du mot *si*, occupe la dernière position du mot quel que soit l'image avec laquelle elle est appariée.

2.2.1.4.2. Mécanisme visuel (Mv) : un point est accordé pour chaque lettre rappelée indépendamment de l'image sous laquelle apparaît la lettre et de sa position dans le mot.

2.2.1.4.3. Mécanisme visuo-séquentiel (vq) : un point est accordé chaque fois que 2 lettres sont rapportées dans la bonne séquence, indépendamment de l'image sous laquelle elle est inscrite.

2.2.1.4.4. Mécanisme visuo-associatif (va) : un point est accordé pour chaque lettre rappelée sous la bonne image, quelle que soit sa position dans le mot.

2.2.2. Épreuves de première et de deuxième année

Le matériel de première et de deuxième année est constitué de trois types de tâche d'orthographe pouvant être administrées en groupe, une tâche de production et deux tâches d'identification (reconnaissance). Il a été conçu de façon à évaluer le niveau et l'évolution des connaissances en orthographe lexicale des enfants. Bien que nettement plus faciles pour les élèves de deuxième année, les mêmes tâches ont été utilisées en première et deuxième année, pour faciliter les comparaisons et surtout pour évaluer la progression.

2.2.2.1. Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une tâche de production (COLp)

Les enfants sont invités à écrire sous dictée 2 phrases (Carlo est un enfant de six ans. Il aime jouer au ballon dans le parc) en utilisant de leur mieux leurs connaissances orthographiques. Les phrases comportent 15 mots fréquents de niveau première année, dont 6 réguliers et 9 irréguliers. Le choix des mots a été motivé par les mêmes facteurs que pour ceux de maternelle, soit par leur fréquence en lecture, par leur complexité graphémique et par leur niveau dans l'échelle d'acquisition orthographique ÉOLE (Pothier & Pothier, 2003).

Cotation de l'épreuve. Un point est accordé pour chaque mot respectant l'orthographe conventionnelle. Autrement, le score est de 0. Le maximum de points possible est de 15.

2.2.2.2. Connaissances orthographiques homophoniques évaluées à partir d'une tâche d'identification (COH)

L'étude de l'acquisition des homophones lexicaux hétérographes est particulièrement intéressante, car leur traitement implique nécessairement le processus orthographique. En effet, comme ces mots sont lexicalement inconsistants, car ils partagent une même forme lexicale phonologique, mais correspondent à des formes lexicales orthographiques différentes, l'enfant doit nécessairement connaître leur forme lexicale orthographique pour les orthographier adéquatement. L'acquisition des connaissances homophoniques demande à l'enfant de comprendre la fonction sémantique de chaque homophone et implique qu'il possède une bonne capacité de mémoire lexicale orthographique afin de mémoriser leur graphie.

L'épreuve comprend 5 mots cibles écrits (*il, eau, vingt, vert* et *elle*). Sur la même ligne que chaque mot cible se trouvent 4 images, une image représentant le mot cible, une image représentant un homophone hétérographe du mot cible, une image représentant un mot se rapprochant phonologiquement du mot cible et, enfin, une image intruse (ex. : mot

cible *vingt* ; images représentant les mots ou symboles suivants : *20 – vin – faim – bébé*). Les enfants sont invités à identifier l'image représentant le mot cible écrit en inscrivant un x sur celle-ci).

Cotation de l'épreuve. Un point est attribué pour chaque bonne réponse. Dans le cas contraire, aucun point n'est attribué. Cette épreuve totalise 5 points.

2.2.2.3. Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une tâche d'identification (COLi)

L'épreuve comprend 5 images cibles représentant 5 mots. Sur la même ligne que chaque image cible se trouvent 4 formes écrites, une forme écrite correspondant à l'orthographe conventionnelle du mot illustré, puis 2 autres formes écrites correspondant à des pseudohomophones du mot illustré et, enfin, 1 forme écrite se rapprochant de la forme visuelle ou phonologique du mot cible (ex. : image cible *pied* ; mots ou pseudomots : *pié – pied – bied – pi et*). Les enfants sont invités à identifier l'orthographe conventionnelle du mot représenté par l'image en inscrivant un x sur le mot correspondant.

Cotation de l'épreuve. Un point est attribué pour chaque bonne réponse. Dans le cas contraire, aucun point n'est attribué. Cette épreuve totalise 5 points.

2.3. Procédure expérimentale de maternelle, de première et de deuxième année

En mai 2006, les élèves de maternelle ont été évalués collectivement dans leur classe respective par l'orthophoniste ou l'orthopédagogue de leur école. Toutes les épreuves ont été administrées la même journée à l'exception de la tâche de mémoire lexicale qui a été réalisée une seconde fois 7 à 8 jours plus tard. Une période d'entraînement a été prévue pour les tâches qui s'y prêtaient. En mai 2007 ainsi qu'en mai 2008, la même expérimentation est répétée auprès des mêmes élèves.

Tableau 1. Épreuves utilisées en fonction des trois étapes de l'expérimentation				
Épreuves	Maternelle Mai 2006 Jour x	Maternelle Mai 2006 Jour x + 7	1^{re} année Mai 2007	2^e année Mai 2008
TP	x			
TVA	x			
MCT	x			
MLT		x		
CO	x			
COLp			x	x
COH			x	x
COLi			x	x

TP : Traitement phonologique - TVA : Traitement visuoattentionnel - MCT : Mémoire à court terme -

MLT : Mémoire à long terme - CO : Connaissances orthographiques - COLp : Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une épreuve de production - COH : Connaissances orthographiques homophoniques - COLi : Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une épreuve d'identification

3. Résultats

3.1. Statistiques descriptives

3.1.1. Résultats des épreuves de maternelle

Le tableau 2 fournit la moyenne, l'écart type et les scores minimum et maximum des épreuves réalisées en maternelle. La taille de l'échantillon de certaines épreuves varie pour des raisons indépendantes de notre contrôle (réponse illisible, expérimentateur n'ayant pas fait passer la totalité des épreuves, etc.).

Comme l'indique le tableau 2, l'épreuve de localisation de phonèmes dans la syllabe des mots s'est avérée facile pour les enfants de maternelle. Ils ont été en mesure de localiser en moyenne plus de 7 des 9 phonèmes qu'on leur a présentés.

L'épreuve d'attention visuelle, qui consiste en barrage de séquences de lettres, n'a pas semblé poser de difficultés aux enfants. L'ensemble des enfants a pu identifier en moyenne 10 des 13 séquences qu'on leur a présentées.

Par ailleurs, comme il est aisé de le constater, les scores moyens obtenus à l'épreuve de mémoire lexicale orthographique à court terme (m MCTvs = 9,03 ; m MCTv = 9,16 ; m MCTvq = 8,76 ; m MCTva = 9,06) sont supérieurs à ceux obtenus à l'épreuve de mémoire lexicale orthographique à long terme (m MLTvs = 6,31 ; m MLTv = 6,91 ; m MLTvq = 5,40 ; m MLTva = 6,62).

En rappel immédiat, le nombre des lettres des mots correctement produits était en moyenne de 9 sur un total de 10 que comportaient les mots appris. Dans ce rappel, 9 lettres occupent le bon espace, 8 lettres sont rapportées dans la bonne séquence et 9 lettres sont associées à la bonne image.

En rappel à long terme, les enfants produisent en moyenne 6 lettres sur un total de 10. Dans ce rappel, 6 occupent le bon espace, 5 sont dans la bonne séquence et 6 sont associées à la bonne image.

En examinant chacun des mécanismes mnésiques (visuospatial, visuel, visuoséquentiel et visuoassociatif), nous observons que c'est l'aspect séquentiel de la mémoire qui pose le plus de difficultés en rappel tant à court qu'à long terme, tandis que l'aspect visuoassociatif semble faciliter le maintien en mémoire.

Les résultats de l'évaluation des connaissances orthographiques en production de phrases montrent que les enfants de maternelle produisent un taux moyen d'environ 10 des 29 lettres et signes diacritiques de l'ensemble des 2 phrases, ce qui correspond à un taux moyen 34,48 %. La variation intersujet est relativement élevée (ÉT = 7,03).

Tableau 2. Moyennes et écarts types des scores obtenus à l'épreuve de connaissances orthographiques, de traitement phonologique et visuoattentionnel, ainsi que de mémoire lexicale orthographique à court et à long terme

Statistiques descriptives					
	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
TP	117	2	9	7,84	1,692
TVA	118	1	13	10,18	2,908
CO (29)	109	0	25	10,12	7,03
M CTvs	116	0	10	9,03	1,774
M CTv	116	0	10	9,16	1,602
M CTvq	116	0	10	8,76	2,054
M CTva	116	0	10	9,06	1,771
M LTVs	116	0	10	6,31	2,559
M LTV	116	0	10	6,91	2,383
M LTVq	116	0	10	5,40	3,095
M LTVa	116	0	10	6,62	2,480

TP : Traitement phonologique – TVA : Traitement visuoattentionnel - CO : Connaissances orthographiques

MCT : Mémoire à court terme - vs : mécanisme visuospatial - v : mécanisme visuel - vq : mécanisme visuoséquentiel -

va : mécanisme visuoassociatif - MLT : Mémoire à long terme

3.1.2. Résultats aux épreuves de première et de deuxième année

Le tableau 3 fournit la moyenne, l'écart type et les scores minimum et maximum des trois épreuves de connaissances orthographiques de première et de deuxième année.

3.1.2.1. Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une épreuve de production (COLp)

En fin de première année, les enfants montrent déjà de bonnes connaissances orthographiques lexicales. Ils orthographient adéquatement 11 mots sur 15. Ces connaissances s'améliorent en deuxième année et l'écart entre les élèves diminue, puisque ces mêmes enfants orthographient 13 des 15 mots.

3.1.2.2. Connaissances orthographiques homophoniques évaluées à partir d'une tâche d'identification (COH)

Les connaissances homophoniques sont celles qui sont le moins bien acquises. En première année, les enfants n'identifient adéquatement que 2 des 5 homophones. L'année suivante, ils en identifient 1 seul de plus. Les écarts types sont stables d'une année à l'autre.

3.1.2.3. Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une tâche d'identification (COLi)

En première année, les enfants parviennent à sélectionner l'orthographe conventionnelle d'environ 3 des 5 mots irréguliers. En deuxième année, chez ces mêmes enfants, le score augmente à 4 et l'écart type diminue.

Toutes les réponses des enfants aux tâches de connaissances orthographiques homophoniques et spécifiques de première et de deuxième année se distinguent du hasard ($p < 0,0001$ pour les deux niveaux scolaires).

Tableau 3. Connaissances orthographiques de première et deuxième année

Connaissance orthographiques	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
1COLp	118	3	15	11,24	2,73
2COLp	118	8	15	13,50	1,69
1COH	115	0	5	2,57	1,31
2COH	115	1	5	3,25	1,32
1COLi	115	0	5	2,92	1,67
2COLi	115	0	5	4,45	0,97

1COLp : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve de production - 1COH :

Connaissances orthographiques homophoniques de première année - 1COLi : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

2COLp : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve de production - 2COH :

Connaissances orthographiques homophoniques de deuxième année - 2COLi : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

3.1.3. Effet du groupe classe sur l'acquisition des connaissances orthographiques

Afin d'analyser s'il existe un effet de groupe auquel a appartenu l'enfant en maternelle sur les connaissances orthographiques ultérieures (première et deuxième), nous avons procédé à ANOVA à mesure répétée. Les résultats (tableau 4) indiquent que les connaissances orthographiques lexicales de la tâche de production des deux phrases n'évoluent pas de la même façon en première et deuxième année selon les groupes auxquels ont appartenu les enfants en maternelles. En effet, en première année, une différence

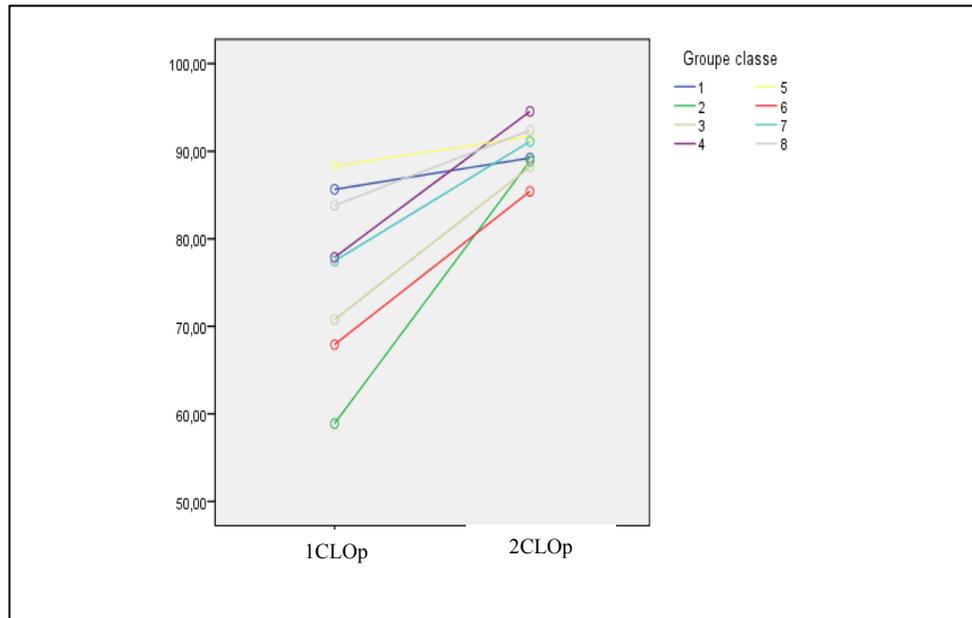
significative est observée entre les groupes ($F(7,110) = 3,120, p < 0,005$), mais ce n'est pas le cas en deuxième année ($F(7,110) = 1,435, p < 0,198$). En première année, des tests de comparaisons multiples ont permis de constater que les groupes 2 et 6 sont significativement différents du groupe 1 (Tamhane : p groupe 1-2 = 0,053; p groupe 1-6 = 0,069), que les groupes 2 et 5 sont significativement différents du groupe 6 (Tamhane : p groupe 2-6 = 0,044); p groupe 5-6 = 0,030). La figure 1 montre l'évolution niveau des connaissances orthographiques lexicales en fonction du niveau scolaire et du groupe auquel a appartenu l'enfant en maternelle.

Tableau 4. Effet du groupe classe en maternelle sur l'acquisition des connaissances orthographiques lexicales en première et en deuxième année

Groupes	N	Moyenne % Première 1COLp	F	Sig.	Moyenne % Deuxième 2COLp	F	Sig.
1	13	85,6410	3,120	,005	89,2308	1,435	,198
2	6	58,8889			88,8889		
3	13	70,7692			88,2051		
4	22	77,8788			94,5455		
5	4	88,3333			91,6667		
6	32	67,9167			85,4167		
7	21	77,4603			91,1111		
8	7	83,8095			92,3810		
Total	118	74,9153			89,6610		

1COLp : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve de production - 2COLp : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve de production

Figure 1. Comparaison du niveau des connaissances orthographiques lexicales évalué à partir d'une épreuve de production (COLP) en fonction du groupe auquel a appartenu l'enfant en maternelle et du niveau scolaire.

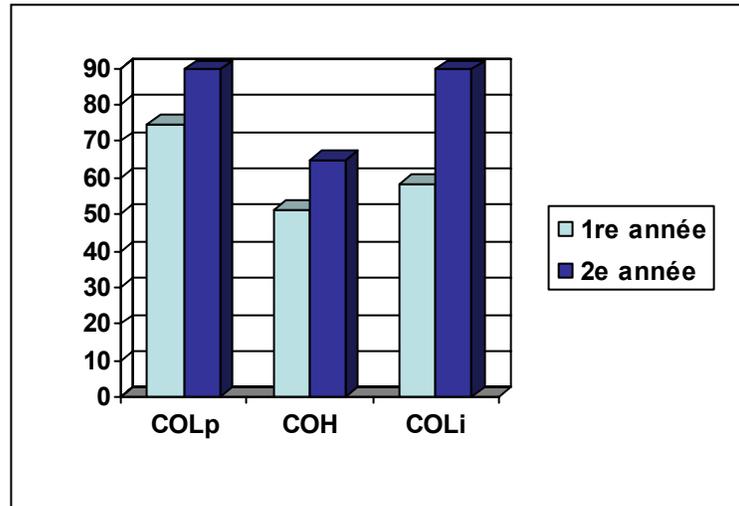


1COLp : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve de production - 2COLp : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve de production

3.1.4. Évolution des connaissances orthographiques entre la première et la deuxième année

La Figure 2 montre l'amélioration généralisée des diverses connaissances orthographiques entre la première et la deuxième année. Un test-t à données appariées a été effectué afin d'examiner si l'augmentation du niveau des connaissances des différentes épreuves (COLp, COH et COLi) entre la première et la deuxième année est statistiquement significative. Les résultats indiquent une différence significative importante pour toutes les épreuves entre la première et la deuxième année (T COLp = - 10,443, dl = 114, $p < 0,0001$; T COH = - 4,277, dl = 114, $p < 0,0001$; T COLi = - 11,460, dl = 114, $p < 0,0001$).

Figure 2. Évolution des connaissances orthographiques entre la première et la deuxième année



COLp : Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une épreuve de production- COH : Connaissances orthographiques homophoniques - COLi : Connaissances orthographiques lexicales évaluées à partir d'une épreuve d'identification

3.1.5. Analyses de corrélation

Les analyses de corrélation visent à préciser le lien entre les différentes mesures de maternelle et les connaissances orthographiques de première et de deuxième année. Comme la taille de l'échantillon est supérieure à 100, les corrélations aussi peu élevées que 0,14 apparaissent significatives.

3.1.5.1. *Corrélations entre les mesures de maternelle et les connaissances orthographiques de première et de deuxième année*

Comme il apparaît au tableau 5, parmi les facteurs étudiés en maternelle (traitement phonologique, visuoattentionnel et de mémoire lexicale orthographique à court et à long terme), celui qui présente les liens les plus forts avec les connaissances orthographiques lexicales de première année, est clairement le facteur des connaissances orthographiques de maternelle de la tâche de production ($r = 0,471$).

En ce qui a trait aux connaissances homophoniques, ce sont encore les connaissances orthographiques de maternelle ($r = 0,208$) ainsi que le traitement phonologique ($r = 0,186$) qui montrent le lien le plus important.

Enfin, les connaissances orthographiques évaluées dans une tâche d'identification image-mots sont également corrélées de façon significative avec les connaissances orthographiques de maternelle ($r = 0,359$), ainsi qu'avec les capacités de traitement phonologique ($r = 0,320$) et de MLTva ($r = 0,307$).

Tableau 5. Corrélations entre les mesures de maternelle et les épreuves de connaissances orthographiques de première année

		Genre	Âge	TP	TVA	MCT vs	MCT v	MCT vq	MCT va	MLT vs	MLT v	MLT vq	MLT va	CO
Genre	P.C.	1,000												
Âge	P.C.	,005	1,000											
TP	P.C.	,026	,056	1,000										
TVA	P.C.	,090	,046	,196*	1,000									
MCTvs	P.C.	,066	,134	,022	,191*	1,000								
MCTv	P.C.	,064	,152	,050	,184*	,974**	1,000							
MCTvq	P.C.	,099	,101	-,011	,178	,962**	,934**	1,000						
MCTva	P.C.	,089	,157	,029	,188*	,982**	,984**	,948**	1,000					
MLTvs	P.C.	,128	,034	,073	,283**	,394**	,366**	,430**	,403**	1,000				
MLTv	P.C.	,114	-,017	,106	,231*	,369**	,352**	,376**	,382**	,874**	1,000			
MLTvq	P.C.	,086	-,017	,003	,220*	,300**	,270**	,339**	,305**	,900**	,813**	1,000		
MLTva	P.C.	,166	,007	,066	,276**	,345**	,334**	,371**	,366**	,862**	,886**	,825**	1,000	
CO	P.C.	,132	,017	,403**	,176	,221*	,241*	,182	,239*	,347**	,354**	,236*	,391**	1,000
ICOLp	P.C.	,146	-,089	,380**	,195*	,250**	,290**	,218*	,267**	,241**	,223*	,187*	,267**	,471**
ICOH	P.C.	-,124	-,019	,186*	,094	,044	,036	,016	,045	-,032	-,037	-,039	-,003	,208*
ICOLi	P.C.	,098	-,179	,320**	,235*	,135	,149	,123	,147	,209*	,241**	,208*	,307**	,539**

TP : Traitement phonologique - TVA : Traitement visuoattentionnel - CO : Connaissances orthographiques - MCT : Mémoire à court terme - MLT : Mémoire à long terme - vs : mécanisme visuospatial - v : mécanisme visuel - vq : mécanisme visuoséquentiel - va : mécanisme visuoassociatif - ICOLp : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve de production - ICOH : Connaissances orthographiques homophoniques de première année - ICOLi : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

Comme le montre le tableau 6, les trois premiers facteurs de maternelle qui présentent les liens significatifs les plus forts avec les connaissances orthographiques lexicales de deuxième année dans une tâche de production sont, par ordre d'importance, les connaissances orthographiques de maternelle ($r = 0,453$), puis la capacité de MLTva ($r = 0,300$) ainsi que la capacité de MCTv ($r = 0,273$). En ce qui a trait aux connaissances homophoniques, les trois premiers facteurs sont les connaissances orthographiques ($r = 0,441$) ainsi que les capacités de TP ($r = 0,310$) auxquels s'ajoute MLTva ($r = 0,277$). Enfin, les connaissances orthographiques spécifiques sont corrélées avec les trois premiers facteurs suivants : les connaissances orthographiques de maternelle ($r = 0,345$), ainsi que les capacités de MCTv ($r = 0,298$) et de MCTva ($r = 0,280$).

Ni le genre ni l'âge ne paraissent liés à l'acquisition des connaissances orthographiques de première et de deuxième année. Par ailleurs, nous n'avons pas mis en évidence l'impact éventuel des capacités visuoattentionnelles sur ce type d'apprentissage, telles qu'évaluées dans notre étude.

Tableau 6. Corrélations entre les mesures de maternelle et les épreuves et les épreuves de connaissances orthographiques de deuxième année

		Genre	Âge	TP	TVA	MCT	MCT	MCT	MCT	MLT	MLT	MLT	MLTv	CO	2COLp	2COH	2COLi
						vs	v	vq	va	vs	v	vq					
Genre	P.C.	1,000															
Âge	P.C.	,005	1,000														
TP	P.C.	,026	,056	1,000													
TVA	P.C.	,090	,046	,196*	1,000												
MCTvs	P.C.	,066	,134	,022	,191*	1,000											
MCTv	P.C.	,064	,152	,050	,184*	,974**	1,000										
MCTvq	P.C.	,099	,101	-,011	,178	,962**	,934**	1,000									
MCTva	P.C.	,089	,157	,029	,188*	,982**	,984**	,948**	1,000								
MLTvs	P.C.	,128	,034	,073	,283**	,394**	,366**	,430**	,403**	1,000							
MLTv	P.C.	,114	-,017	,106	,231*	,369**	,352**	,376**	,382**	,874**	1,000						
MLTvq	P.C.	,086	-,017	,003	,220*	,300**	,270**	,339**	,305**	,900**	,813**	1,000					
MLTva	P.C.	,166	,007	,066	,276**	,345**	,334**	,371**	,366**	,862**	,886**	,825**	1,000				
CO	P.C.	,017	,031	,411**	,169	,226*	,249**	,191*	,243*	,349**	,348**	,236*	,406**	1,000			
2COLp	P.C.	,054	-,134	,257**	,175	,248**	,273**	,241**	,250**	,251**	,187*	,173	,300**	,453**	1,000		
2COH	P.C.	,130	,047	,310**	,205*	,049	,064	,028	,087	,245**	,235*	,176	,277**	,441**	,374**	1,000	
2COLi	P.C.	,081	-,080	,227*	,117	,256**	,298**	,219*	,280**	,060	,096	,058	,126	,345**	,526**	,343**	1,000

*. Corrélation significative à un niveau de 0,05 (bilatérale). **. Corrélation significative à un niveau de 0,01 (bilatérale).

TP : Traitement phonologique - TVA : Traitement visuoattentionnel - CO : Connaissances orthographiques - MCT : Mémoire à court terme - MLT : Mémoire à long terme - vs : mécanisme visuospatial - v : mécanisme visuel - vq : mécanisme visuoséquentiel - va : mécanisme visuoassociatif - 2COLp : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve de production - 2COH : Connaissances orthographiques homophoniques de deuxième année - 2COLi : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve d'identificat

3.1.6. Analyses de régression

Des analyses de régression ont été réalisées (méthode pas à pas) afin de déterminer les mesures de maternelle qui contribuent le plus aux connaissances orthographiques de première et de deuxième année. Les variables âge et sexe ne sont pas incluses dans les modèles de régression, car elles ne montraient aucune corrélation avec les variables de première et de deuxième année. Les conditions d'application des analyses de régression ont été suivies rigoureusement. Ainsi, l'analyse des résidus a amené à exclure un à quatre sujets dans certaines analyses de régression. Seules les mesures de la MCT et de la MLT les plus corrélées avec la variable à l'étude ont été considérées.

3.1.6.1. Variables de maternelle explicatives du niveau ultérieur des connaissances orthographiques de première et de deuxième année

3.1.6.1.1. Connaissances orthographiques lexicales de première et de deuxième année évaluées à partir d'une tâche de production

Comme le montre le tableau 7, 3 des 5 variables (traitement phonologique, visuoattentionnel, de MCTv, MLTva et connaissances orthographiques) de maternelle incluses dans le modèle de régression permettent de prédire les connaissances en orthographe lexicale de première année, soit les connaissances orthographiques (Béta = 0,340, $p < 0,0001$), la capacité de TP (Béta = 0,230, $p < 0,012$) et enfin l'aspect visuel de la capacité de MCT (Béta = 0,194, $p < 0,024$). Dans leur ensemble, ces trois variables expliquent plus de 30 % de la variabilité totale des connaissances orthographiques lexicales de première année ($r = 0,550$, $F(1,103) = 5,49$, $p < 0,021$) et s'avèrent significatives.

Les connaissances orthographiques de maternelle apportent la contribution la plus importante en expliquant à elles seules 10,7 % des connaissances lexicales orthographiques, tandis que la capacité de TP et celle de MCTv apportent respectivement une contribution d'environ 6 % et 5 %. Les résultats de l'analyse de régression permettent de conclure que la

contribution des trois variables apparaît indépendante et spécifique aux connaissances lexicales orthographiques de première année.

Tableau 7. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques lexicales (production de mots) de première année à partir des mesures de maternelle

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients Standardisés	t	Sig.	Corrélations			Statistiques Colinéarité	
	B	Erreur Std.	Béta			Zero-order	Partielles	Part	Tolérance	VIF
(Constante)	3,892	1,676		2,321	,022					
CO	,148	,040	,340	3,665	,000	,483	,340	,300	,779	1,284
TP	,372	,145	,230	2,556	,012	,380	,244	,209	,828	1,208
MCTv	,330	,145	,194	2,283	,024	,290	,219	,187	,935	1,070

Variable dépendante: ICOLp

TP : Traitement phonologique - CO : Connaissances orthographiques - MCTv : Aspect visuel de la mémoire à court terme

ICOLp : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve de production

Concernant les connaissances orthographiques lexicales évaluées dans une tâche de production en deuxième année, le tableau 8 montre que seules les performances à l'épreuve des connaissances orthographiques de maternelle ($Béta = 0,437$, $p < 0,0001$) permettent d'expliquer la variabilité des connaissances orthographiques lexicales de deuxième année. Cette variable explique plus de 19,1 % de la variabilité totale ($r = 0,437$, $F(1,102) = 24,019$, $p < 0,0001$).

Tableau 8. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques lexicales (production de mots) de deuxième année à partir des mesures de maternelle

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients Standardisés	t	Sig.	Corrélations			Statistiques Colinéarité		
	B	Erreur Std.	Béta			Zero-order	Partielles	Part	Tolérance	VIF	
1	(Constante)	84,164	1,574		53,481	,000					
	CO	,620	,126		,437	,000	,437	,437	,437	1,000	1,000

Variable dépendante: 2COLp

CO : Connaissances orthographiques

2COLp : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve de production

3.1.6.1.2. Connaissances orthographiques homophoniques de première et de deuxième année évaluées à partir d'une tâche d'identification

Comme le montre le tableau 9, les connaissances orthographiques de maternelles sont le seul facteur permettant là encore d'expliquer en partie les connaissances homophoniques dans une tâche d'identification (identification mot-images) de première année (Béta = 0,208, $p < 0,0001$) Ce facteur n'explique que 4,32 % des connaissances homophoniques ($r = 0,208$, $F(1,105) = 4,744$, $p < 0,032$).

Tableau 9. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques homophoniques (identification mot-images) de première année à partir des mesures de maternelle

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients Standardisés	t	Sig.	Corrélations			Statistiques Colinéarité		
	B	Erreur Std.	Béta			Zero-order	Partielles	Part	Tolérance	VIF	
1	(Constante)	2,175	,219		9,930	,000					
	CO	,039	,018	,208	2,178	,032	,208	,208	,208	1,000	1,000

Variable dépendante: ICOH

CO : Connaissances orthographiques - ICOH : Connaissances orthographiques homophoniques de première année

Tout comme en première année, seules les connaissances orthographiques de maternelle ($B = 0,441$, $p < 0,0001$) permettent d'expliquer les connaissances orthographiques homophoniques (identification mot-images) de deuxième année (tableau 10). Cette variable explique plus de 19,4 % de la variabilité totale ($r = 0,441$, $F(1,105) = 25,355$, $p < 0,0001$).

Tableau 10. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques homophoniques (identification mot-images) de deuxième année à partir des mesures de maternelle

Model	Coefficients non standardisés		Coefficients Standardisés	t	Sig.	Corrélations			Statistiques Colinéarité	
	B	Erreur Std.	Béta			Zero-order	Partial	Part	Tolérance	VIF
(Constante)	2,410	,202		11,912	,000					
CO	,083	,016	,441	5,035	,000	,441	,441	,441	1,000	1,000

Variable dépendante: 2COH

CO : Connaissances orthographiques

2COH : Connaissances orthographiques homophoniques de deuxième année

3.1.6.13. Connaissances orthographiques lexicales de première et de deuxième année évaluées à partir d'une tâche d'identification

Les connaissances orthographiques de maternelle (Béta = 0,539, $p < 0,0001$) sont le seul facteur prédictif permettant d'expliquer les connaissances orthographiques ultérieures de première année évaluées à partir d'une tâche d'identification image-mots (tableau 11). Cette variable explique plus de 29,1 % de la variabilité totale ($r = 0,539$, $F(1,105) = 43,026$, $p < 0,0001$).

Tableau 11. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques (identification image-mots) de première année à partir des mesures de maternelle

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients Standardisés	t	Sig.	Corrélations			Statistiques Colinéarité	
	B	Erreur Std.	Béta			Zero-order	Partielles	Part	Tolérance	VIF
(Constante)	1,616	,241		6,717	,000					
CO	,128	,020	,539	6,559	,000	,539	,539	,539	1,000	1,000
Variable dépendante: ICOLi										

CO : Connaissances orthographiques

ICOLi : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

Comme le montre le tableau 12, seules les connaissances orthographiques de maternelle permettent également de prédire le niveau des connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une tâche d'identification image-mots ($B = 0,355$, $p < 0,0001$). Ce facteur explique 12,6 % de la variabilité totale des connaissances spécifiques ($r = 0,355$, $F(1,99) = 14,246$, $p < 0,0001$).

Tableau 12. Résultats de l'analyse de régression linéaire (méthode pas-à-pas) prédisant les connaissances orthographiques (identification image-mots) de deuxième année à partir des mesures de maternelle

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients Standardisés	95% Intervalle de confiance pour B		Corrélations			Statistiques Colinéarité		
	B	Erreur Std.	Béta	Limite inf.	Limite Sup.	Zero-order	Partielle	Part	Tolérance	VIF	
1	(Constante)	4,288	,106		4,077	4,499					
	CO	,032	,009	,355	,015	,049	,355	,355	,355	1,000	1,000

CO : Connaissances orthographiques

2COLi : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

La capacité de traitement visuoattentionnelle, telle qu'évaluée dans la présente recherche, ne permet toujours pas de prédire les connaissances orthographiques ultérieures.

Le tableau 13 résume la contribution spécifique et significative des mesures de maternelle sur le niveau des connaissances de première et deuxième année.

Tableau 13. Contribution spécifique et significative des mesures de maternelle sur le niveau des connaissances orthographiques ultérieures

	Connaissances orthographiques					
	Première année				Deuxième année	
Prédicteurs de maternelle	1COLp	1COH	1COLi	2COLp	2COH	2COLi
TP	5 %					
CO	10, 7%	4, 2 %	29, 1%	19,1 %	19,4 %	12, 6%
M CTv	4, 32%					

TP : Traitement phonologique - CO : Connaissances orthographiques MCTv : Mémoire à court terme visuelle - 1COLp : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve de production - 1COH : Connaissances orthographiques homophoniques de première année - 1COLi : Connaissances orthographiques lexicales de première année évaluées à partir d'une épreuve d'identification - 2COLp : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve de production - 2COH : Connaissances orthographiques homophoniques de deuxième année - 2COLi : Connaissances orthographiques lexicales de deuxième année évaluées à partir d'une épreuve d'identification

4. Discussion et conclusion

L'objectif de cette étude longitudinale concernait le rôle des connaissances orthographiques acquises de façon implicite, avant l'apprentissage formel du langage écrit, dans la construction des connaissances orthographiques explicites ultérieures. Ce rôle a été étudié en lien avec les facteurs cognitifs mis en jeu dans l'apprentissage du langage écrit, soit les capacités de traitement phonologique, visuoattentionnelles et de mémoire lexicale orthographique à court et à long terme. Plus précisément, l'objectif de cette étude était

d'examiner le niveau des connaissances orthographiques précoces des enfants de maternelle avant l'apprentissage formel du langage écrit et de déterminer dans quelle mesure le niveau de ces connaissances peut expliquer l'acquisition ultérieure des connaissances orthographiques et plus particulièrement des connaissances orthographiques lexicales.

Pour répondre à ces questions, une étude longitudinale a été réalisée auprès de 118 enfants franco-québécois s'échelonnant de la maternelle à la deuxième année du primaire.

Diverses épreuves ont été soumises aux participants au cours de cette étude longitudinale, avant l'apprentissage formel du langage écrit et pendant cet apprentissage en première et deuxième année. En maternelle, quatre épreuves ont été administrées : une première épreuve visant à évaluer le niveau des connaissances orthographiques à partir d'une tâche d'orthographe approchée, et les trois autres épreuves visant à évaluer la contribution respective des facteurs cognitifs (traitement phonologique, traitement visuoattentionnel et mémoire lexicale orthographique à court et à long terme) sur le niveau de ces connaissances. En première année, l'étendue des connaissances orthographiques spécifiques a été étudiée par le biais de trois tâches visant à évaluer notamment la capacité à traiter des mots inconsistants puisque, dans ces cas, les connaissances phonologiques ne suffisent plus à produire ou identifier l'orthographe conventionnelle des mots. En deuxième année, les épreuves utilisées en première année ont été à nouveau administrées aux mêmes enfants.

Cette étude est à notre connaissance la première à examiner, à partir d'une étude longitudinale, l'acquisition des connaissances orthographiques avant l'apprentissage formel du langage écrit en lien avec la capacité de mémoire lexicale orthographique. En maternelle, les résultats obtenus à partir de la tâche d'orthographe approchée ont permis d'observer, non seulement la diversité des connaissances orthographiques des enfants, mais également l'hétérogénéité du niveau des connaissances, attestant que l'enfant d'âge préscolaire acquiert des connaissances implicites sur l'écrit et que ces connaissances diffèrent d'un enfant à l'autre. Ces variations peuvent être considérées comme

multifactorielles et dépendraient, entre autres, de facteurs environnementaux (degré d'exposition à l'écrit, qualité et type d'activités de littératie prodiguées, milieu socioculturel des parents (Brodeur, Gosselin, Mercier, Legault, & Vanier, 2005; Magnuson, Meyers, Ruhm, & Waldfogel, 2004; Neuman & Celano, 2006; Rouse & Fantuzzo, 2009), des facteurs propres aux systèmes orthographiques de la langue d'étude des enfants et de l'état du système cognitif de chaque enfant.

Un effet de l'environnement scolaire sur l'apprentissage a été observé. Le groupe auquel a appartenu l'enfant en maternelle semble avoir eu un impact décisif sur l'étendue des connaissances orthographiques des enfants de première année, même si cet effet s'estompe en deuxième année. Cet effet pourrait être en lien avec l'approche de l'enseignante de maternelle, ses activités pour éveiller l'intérêt pour l'écrit ainsi qu'avec les méthodes et le matériel de littératie utilisé. Il est possible que l'année suivante, en deuxième année, les facteurs cognitifs, constituant les préalables à l'apprentissage, jouent un rôle de plus en plus déterminant pour la réussite scolaire de l'enfant.

Contrairement à ce qui a été longtemps avancé par les théoriciens du langage écrit, la capacité de traitement phonologique est loin d'être le seul facteur cognitif à intervenir, puisque la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme (Poncelet et al., 2003; Stanké, manuscrit en préparation; Stanké et al., 2008) ainsi que la capacité visuoattentionnelle (Bosse & Valdois, 2009; Stanké et al., 2008) contribueraient de façon importante et indépendante à l'acquisition des connaissances orthographiques spécifiques. Autrement dit, ces trois facteurs cognitifs joueraient un rôle important dans l'acquisition précoce du niveau des connaissances orthographiques des enfants de maternelle, ce qui laisse présager que plus ces capacités sont élevées, plus sera élevé le niveau des connaissances orthographiques ultérieures.

Afin de déterminer les facteurs de maternelle qui permettent le mieux de prédire le niveau des connaissances orthographiques lexicales de première et de deuxième année, des analyses de régression pas-à-pas ont été conduites.

Ces analyses de régression ont permis de montrer que, parmi les facteurs étudiés en maternelle, le niveau des connaissances orthographiques implicites apporte une contribution unique à l'ensemble du niveau des connaissances orthographiques ultérieures évalué dans différentes tâches d'orthographe de première et de deuxième année. La seule exception est la tâche de production de première année, pour laquelle les capacités de traitement phonologique ainsi que l'aspect visuel de la mémoire à court terme apportent aussi une contribution indépendante, bien que moins marquée.

La contribution spécifique des connaissances orthographiques implicites de maternelle dans les performances ultérieures peut atteindre jusqu'à 29 % en première et 19 % en deuxième année. Le fort impact des connaissances orthographiques précoces sur l'acquisition ultérieure n'est pas surprenant, car le niveau de ces connaissances est fonction non seulement de la capacité de mémoire orthographique lexicale, mais également de la capacité de traitement phonologique et visuoattentionnel.

Les résultats de l'analyse de régression rejoignent la conclusion des études d'Ahmed et Lombardino (2000), Frost (2001) et Bégin (2005a) à propos de la valeur prédictive du niveau des connaissances orthographiques précoces évalué à partir d'une épreuve d'orthographe approchée sur les compétences orthographiques ultérieures. De façon générale, cela signifie que les enfants de maternelle dont le niveau des connaissances est le plus faible continuent à montrer de moins bonnes performances en première et deuxième année et, inversement, que ceux dont le niveau est le plus fort offrent de bonnes performances orthographiques un et deux ans plus tard. Ainsi, un certain nombre d'enfants abordent la première année sans avoir suffisamment construit les connaissances nécessaires à l'apprentissage du langage écrit.

L'ensemble des résultats de cette étude conforte le modèle de Gombert (2003) à l'effet que l'enfant construit un ensemble de connaissances implicites sur la langue écrite et que c'est à partir de ces connaissances que s'élaboreront ses connaissances explicites

ultérieures. Les apprentissages implicites et explicites ont un rôle complémentaire et sont fonction de différents facteurs cognitifs.

Ces résultats présentent un intérêt non négligeable dans la compréhension de l'acquisition des connaissances orthographiques puisque, avant même l'apprentissage formel de l'écrit, des différences apparaissent dans l'état des connaissances des enfants, différences qui permettent de rendre compte de leurs performances ultérieures. Ces connaissances sont tributaires de multiples facteurs parmi lesquels la capacité de mémoire lexicale orthographique, facteur cognitif dont la contribution n'avait pas été démontrée jusqu'à tout récemment.

Les connaissances orthographiques précoces développées grâce à un apprentissage implicite constitueraient un atout considérable à prendre en compte et à optimiser dans l'acquisition des connaissances orthographiques ultérieures. En outre, ces connaissances constituent le facteur prédictif le plus puissant de l'acquisition ultérieure des compétences orthographiques, puisqu'elles sont fonction autant des capacités de traitement phonologique que de mémoire lexicale orthographique, déjà présentes avant l'apprentissage de l'écrit. Des mesures du niveau de ces connaissances à partir d'une tâche d'orthographe approchée pourraient être considérées dans le dépistage des enfants à risque de présenter ultérieurement des difficultés spécifiques d'apprentissage du langage écrit.

Nombre d'études ont montré que des interventions préventives intégrant des activités d'enseignement phonique systématique portant sur les correspondances graphèmes-phonèmes et des habiletés métaphonologiques ont un effet positif sur l'apprentissage dans certains cas en maternelle, en première et même en deuxième année (Brodeur et al., 2005, pour une recension des études en français). Plus récemment, les programmes d'entraînement d'orthographe approchée ont aussi démontré leur efficacité (Ouellette & Senechal, 2008; Rieben, Ntamakiliro, Gonthier, & Fayol, 2005).

Par ailleurs, de récentes recherches (Stanké et al., 2008) ont établi une relation de causalité entre la capacité de mémoire lexicale orthographique et l'apprentissage des

connaissances orthographiques. Il serait important de poursuivre les études en démontrant qu'un entraînement des capacités de mémoire lexicale orthographique permet effectivement d'améliorer le niveau des connaissances orthographiques des enfants dès la maternelle et plus particulièrement des enfants présentant un déficit isolé dans le maintien des représentations orthographiques en mémoire.

5. Bibliographie

- Ahmed, S., & Lombardino, L. J. (2000). Invented spelling: An assessment and intervention protocol for kindergarten children. *Communication Disorders Quarterly*, 22(1), 19.
- Alegria, J., & Mousty, P. (1996). The development of spelling procedures in French-speaking, normal and reading-disabled children: effects of frequency and lexicality. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63(2), 312-338.
- Bégin, C. (2005). *L'évolution des écritures provisoires et l'orthographe lexicale des élèves francophones de la première à la quatrième année du primaire*. Université Laval, Québec.
- Besse, J.-M. (2000). *Regarde comme j'écris! Écrits d'élèves, regards d'enseignants*. Paris: Magnard.
- Besse, J.-M., & Montésinos-Gelet, I. (2003). La séquentialité phonogrammique en production d'orthographe inventées. *Revue des sciences de l'éducation*, 29, 159-170.
- Bosse, M.-L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading* 230-253.
- Bosse, M. L., Valdois, S., & Tainturier, M. J. (2003). Analogy without priming in early spelling development *Reading and Writing*, 16, 693-716.
- Brodeur, M., Gosselin, C., Mercier, J., Legault, F., & Vanier, N. (2005). Prévention des difficultés d'apprentissage en lecture : l'effet différencié d'un programme implanté par des enseignantes de maternelle chez leurs élèves. *Éducation et francophonie*, 34(2), 56-83.
- Caravolas, M., Hulme, C., & Snowling, M. J. (2001). The Foundations of Spelling Ability: Evidence from a 3-Year Longitudinal Study. *Journal of Memory and Language*, 45(4), 751-774.
- Catach, N. (1978). *L'orthographe*. Paris: Presses Universitaires de France.
- David, D. (2003a). Les procédures orthographiques dans les productions écrites des jeunes enfants. *Revue des sciences de l'éducation*, 29(1), 1-19.
- David, J. (2003b). Linguistique génétique et acquisition de l'écriture *Faits de langue*, 37.

- Écalte, J., Magnan, A., & Bouchafa, H. (2002). Le développement des habiletés phonologiques avant et au cours de l'apprentissage de la lecture : de l'évaluation à la remédiation. *Glossa*, 82, 4-12.
- Ehri, L. C. (2005). Learning to Read words: Theory, Findings, and Issues. *Scientific Studies of Reading*, 9, 167-188.
- Fayol, M. (2006). L'orthographe et son apprentissage. *Observatoire National de la lecture (ONL)*, 53-73.
- Frith, U. (1985). Beneath the surface of developmental dyslexia. In J.-C. M. e. M. C. K. Patterson (Ed.), *Surface Dyslexia. Neuropsychological and cognitive studies of phonological reading*: HillsdaleL. Erlbaum.
- Frost, J. (2001). Phonemic awareness, spontaneous writing, and reading and spelling development from a preventive perspective. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*, 14, 487-513.
- Frost, J. (2005). Phonemic awareness, spontaneous writing, and reading and spelling development from a preventive perspective *Reading and Writing*, 14, 487-513.
- Gentry, J. R. (1982). An analysis of developmental spelling in GNYS at WRK. *The Reading Teacher*, 36, 192-200.
- Gombert, J.-E. (2003). Implicit and Explicit Learning to Read : Implication as for Subtypes of Dyslexia. *Current psychology letters* 10(1), 2-8.
- Gombert, J.-E. (2005). Apprentissage implicite et explicite de la lecture. *Rééducation orthophonique*, 223, 177-187.
- Gombert, J.-E., Bryant, P., & Warrick, N. (1997). Les analogies dans l'apprentissage de l'orthographe. In L. Rieben, M. Fayol & C.A. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 319-334). Lausanne: Delachaux et Niestlé.
- Jaffré, J.-F. (2003). La linguistique et la lecture-écriture : de la conscience phonologique à la variable orthographe. *Revue des sciences de l'éducation*, 29(1), 37-49.
- Jaffré, J.-F. (2005). Introduction: the orthography of French. *L1 – Educational Studies in Language and Literature*, 5, 353-364.

- Jaffré, J.-F. (2006). L'orthographe du français est-elle une bonne orthographe? *Observatoire National de la lecture (ONL)*, 13-37.
- Lété, B. (2008). La consistance phonographique : une mesure statistique de la complexité orthographique. In C. Brissaud, J-P. Jaffré & J-C. Pellat (Eds.), *Nouvelles recherches en orthographe* (pp. 85-89). Limoges: Lambert-Lucas.
- Lété, B., Peereman, R., & Fayol, M. (2008). Consistency and word-frequency effects on spelling among first- to fifth-grade French children: A regression-based study. *Journal of Memory and Language*, 58(4), 952-977.
- Lombardino, L. J., Morris, D., Mercado, L., DeFillipo, F., Sarisky, C., & Montgomery, A. (1999). The Early Reading Screening Instrument: a method for identifying kindergarteners at risk for learning to read. *International Journal of Language & Communication Disorders* 34(2), 135-150.
- Magnuson, K., Meyers, M., Ruhm, C., & Waldfogel, J. (2004). Inequality in Preschool Education and School Readiness. *American Educational Research Journal*, 41(1), 115-157.
- Martinet, C., Valdois, S., & Fayol, M. (2004). Lexical orthographic knowledge develops from the beginning of literacy acquisition. *Cognition*, 91(2), B11-22.
- McBride-Chang, C. (1998). The Development of Invented Spelling *Early Education and Development*, 9, 147-160.
- McBride-Chang, C., & Suk-Han Ho, C. (2005). Predictors of Beginning Reading in Chinese and English: A 2-Year Longitudinal Study of Chinese Kindergartners. *Scientific Studies of Reading*, 9(2), 177-144.
- Morin, M.-F. (2002). *Le développement des habiletés orthographiques chez des sujets francophones entre la fin de la maternelle et de la première année*. Unpublished Thèse de Doctorat, Université Laval, Québec.
- Neuman, S. B., & Celano, D. (2006). The knowledge gap: Implications of leveling the playing field for low-income and middle-income children. *Reading Research Quarterly*, 41, 176-201.

- Ouellette, G., & Senechal, M. (2008). Pathways to literacy: a study of invented spelling and its role in learning to read. *Child Development, 79*(4), 899-913.
- Ouellette, G., & Sénéchal, M. (2008). A Window Into Early Literacy: Exploring the Cognitive and Linguistic Underpinnings of Invented Spelling. *Scientific Studies of Reading, 12*(2), 195–219.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruchet, P. (2005). Children's implicit learning of graphotactic and morphological regularities. *Child development, 76*(2), 324-339.
- Pacton, S., Perruchet, P., Fayol, M., & Cleeremans, A. (2001). Implicit learning out of the lab: the case of orthographic regularities. *J Exp Psychol Gen, 130*(3), 401-426.
- Paza, L., Creuzet, V., & Fijalkow, J. (2006). Écriture inventée : pluralité des traitements et variabilité selon la structure syllabique. *Éducation et francophonie, 24*, 85-103.
- Peereman, R., & Sprenger-Charolles, L. (2007). Manulex-infra: Distributional characteristics of grapheme-phoneme mappings, and infralexical and lexical units in child-directed written material. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers, 39*(3), 579.
- Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading: Computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review, 103*(56-115).
- Poncellet, M., Schyns, T., & Majerus, S. (2003). Further evidence for persisting difficulties in orthographic learning in highly educated adults with a history of developmental dyslexia. *Brain and Language, 87*(1), 145-146.
- Pothier, B., & Pothier, P. (2003). *EOLE: Échelle d'acquisition en orthographe lexicale*. Paris: Retz.
- Rieben, L. (2003). Écritures inventées et apprentissage de la lecture et de l'orthographe. *Faits de langue, 14*, 27-36.
- Rieben, L., Ntamakiliro, L., Gonthier, B., & Fayol, M. (2005). Effects of Various Early Writing Practices on Reading and Spelling *Scientific Studies of Reading, 9*, 145-166.

- Ritchey, k. (2008). The building blocks of writing: Learning to write letters and spell words. *Reading and Writing*, 21, 27-47.
- Rouse, L. H., & Fantuzzo, W. J. (2009). Multiple risks and educational well being: A population-based investigation of threats to early school success. *Early Childhood Research Quarterly*, 24(1-14).
- Seidenberg, M. S., & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96(4), 523-568.
- Seymour, P. H. (1997). Les fondations du développement orthographique et morphographique. In L. Rieben, M. Fayol & C. Perfetti (Eds.), *Des orthographes et leur acquisition* (pp. 384-403). Lausanne: Delachaux et Nieslé.
- Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94(2), 143-174.
- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching: sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55(2), 151-218; discussion 219-126.
- Stanké, B. (manuscrit en préparation). The role of lexical orthographic short and long term memory in conventional spelling performance: a longitudinal study.
- Stanké, B., Flessas, J., & Ska, B. (2008). Le rôle de la mémoire lexicale orthographique dans l'acquisition des connaissances orthographiques des enfants de maternelle 5 ans. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant (A.N.A.E)*, 100, 326-335.
- Weekes, B. S., Castles, A. E., & Davies, R. A. (2006). Effects of consistency and age of acquisition on reading and spelling in developing readers. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal of Clinical Neurophysiology developing readers*, 1(19), 132-169.
- Wright, D.-M., & Ehri, L. (2007). Beginners remember orthography when they learn to read words: The case of doubled letters. *Applied Psycholinguistics*, 28, 115-133.

Discussion générale et conclusion

Les études réalisées pour cette recherche longitudinale répondent à l'objectif de cette thèse qui était de montrer que, avant même de faire l'apprentissage explicite du langage écrit, l'enfant fait appel à des connaissances lexicales orthographiques acquises de façon implicite – indispensables pour orthographier plus de la moitié des mots de la langue française et pour reconnaître rapidement les mots en lecture – et que ces connaissances dépendraient entre autres de la capacité de maintien de la mémoire lexicale à long terme.

L'hypothèse principale qui y est explorée était que l'acquisition des connaissances lexicales orthographiques acquises de façon implicite et explicite dépendrait de différentes capacités cognitives indépendantes, dont notamment la capacité de mémoire lexicale orthographique (rétention à long terme).

Nos analyses ont été menées auprès d'une population d'enfants franco-qubécois, issus d'un groupe initial de 338 enfants, suivis de la fin de la maternelle à la fin de la deuxième année. Diverses tâches ont été soumises aux participants au cours de cette étude longitudinale, avant l'apprentissage du langage écrit, et lors de cet apprentissage. Les tâches visaient à évaluer le niveau des connaissances orthographiques implicites et explicites ainsi que la contribution respective des facteurs cognitifs (traitement phonologique, traitement visuoattentionnel et mémoire lexicale orthographique).

Cette étude est la première, à notre connaissance, à examiner le rôle de la mémoire lexicale orthographique sur l'acquisition ultérieure des connaissances orthographiques implicites et explicites à la fin du premier cycle du primaire.

Au cours de cette conclusion, il sera rapporté les résultats des trois phases expérimentales de cette recherche.

La première phase de cette recherche a été réalisée en fin de maternelle ; elle a permis de constater que la précocité des connaissances lexicales orthographiques implicites,

puisque non enseignées au préalable de façon explicite, ainsi que la précision et l'étendue de ces connaissances, sont fonction de différentes capacités cognitives, qui originent du pairage entre unités phonologiques et leurs correspondants orthographiques.

La seconde phase de l'étude, réalisée en fin de première année auprès des mêmes sujets, a permis d'établir le rôle prédictif de la mémoire lexicale orthographique sur l'acquisition ultérieure de connaissances orthographiques explicites et sur le maintien de celles-ci à long terme. En effet, parmi les facteurs cognitifs étudiés en maternelle (traitement phonologique, visuoattentionnel et de mémoire lexicale orthographique), le facteur le plus important lié aux connaissances lexicales orthographiques explicites de première année est d'abord la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme ; celle de la mémoire à court terme vient ensuite. Ces résultats suggèrent que la précision des connaissances orthographiques dépend largement de la capacité de rétention en mémoire et non de la capacité d'encodage, puisque cette capacité de mémoire à long terme explique un pourcentage plus élevé de la variabilité des connaissances orthographiques lexicales que celle de la mémoire à court terme.

Enfin, la dernière phase de l'expérimentation réalisée à la fin de deuxième année, toujours auprès des mêmes enfants suivis depuis la maternelle, a permis de mettre en lumière le rôle majeur des connaissances orthographiques implicites, acquises avant l'apprentissage formel de l'écrit, sur l'étendue ultérieure des connaissances orthographiques explicites. Ces connaissances sont à la base de l'acquisition d'une orthographe répondant aux normes orthographiques. Ce rôle a été étudié en lien avec les facteurs cognitifs mis en jeu dans l'apprentissage du langage écrit, précédemment étudiés. Parmi tous les facteurs étudiés en maternelle, les connaissances orthographiques implicites constituent le facteur prédictif le plus puissant de l'acquisition ultérieure des compétences orthographiques explicites. Le fort impact des connaissances orthographiques implicites des enfants de maternelle sur l'acquisition ultérieure de leurs compétences n'est pas surprenant, car le niveau de ces connaissances est à la fois fonction de la capacité de mémoire orthographique lexicale, de la capacité de traitement phonologique et, dans une moindre mesure, de la

capacité visuoattentionnelle. Cette dernière phase de la recherche a permis d'observer la précocité et la diversité des connaissances orthographiques qui se révèlent beaucoup plus tôt que les modèles développementaux ne le prédisaient. Elle a également permis de mettre en lumière l'hétérogénéité du niveau de ces connaissances, parmi l'ensemble des participants de l'étude.

Cette thèse conforte le modèle par analogique de Gombert pour lequel les connaissances précoces en langage écrit acquises de façon implicite revêtent une importance cruciale puisqu'elles sont une base sur laquelle s'édifient les connaissances ultérieures. Les acquisitions précoces relatives à l'écrit sont donc déterminantes pour mieux comprendre l'apprentissage de l'écrit et devraient faire l'objet de recherche chez les enfants du préscolaire. Ce modèle tient donc compte à la fois de la part de l'explicite et l'implicite dans l'apprentissage en comparaison aux modèles développementaux (explicite) et connexionniste (largement implicite).

En conclusion, cette étude a permis de montrer qu'avant même l'apprentissage formel de l'écrit, des différences apparaissent dans l'état des connaissances orthographiques lexicales et phonologiques des enfants, différences qui permettent de rendre compte de leurs connaissances orthographiques ultérieures et que ces connaissances sont tributaires de multiples facteurs cognitifs parmi lesquels la capacité de maintien de la mémoire lexicale orthographique à long terme joue un rôle déterminant. L'acquisition du langage écrit n'est donc pas exclusivement scolaire, elle se déroule sur plusieurs années, et ce, dès le moment où l'enfant donne un sens à l'écrit de son environnement. Toutefois, les facteurs cognitifs permettent d'expliquer qu'une partie de la variabilité des connaissances orthographiques observée. Ces variations sont tributaires de divers facteurs, dont des facteurs environnementaux (degré d'exposition à l'écrit, qualité et type d'activités de littératie prodiguées, milieu socioculturel des parents (Brodeur, Gosselin, Mercier, Legault, & Vanier, 2005; Magnuson, Meyers, Ruhm, & Waldfogel, 2004; Neuman & Celano, 2006; Rouse & Fantuzzo, 2009).

Cette recherche apporte une contribution non négligeable à la compréhension du développement du langage écrit.

De plus, étant donné que cette recherche est l'une des premières à avoir établi ce lien, des tâches d'évaluation de la mémoire lexicale orthographique ainsi que des tâches d'orthographe (approchée, lexicale et homophonique) ont été élaborées. Ces tâches pourront être reprises dans d'autres études s'intéressant à la mémoire et à l'acquisition des connaissances des jeunes apprenants. D'autre part, l'ensemble de ces mesures pourrait également s'avérer très utile pour l'élaboration d'un outil d'évaluation et de dépistage d'enfants à risque de présenter des difficultés d'acquisition des connaissances orthographiques.

Bien que de multiples précautions aient été prises afin d'éviter les biais de cette recherche, certaines limites ont été identifiées. En dépit des critères d'exclusion établis pour éliminer de l'échantillon les enfants présentant certains troubles, telle une déficience intellectuelle, qui pourraient venir biaiser les résultats de la recherche. Il est toutefois possible, mais peu probable, que certains d'entre eux, qui n'auraient pas été dépistés au cours des deux années d'étude fassent néanmoins partie de l'échantillon. Toutefois, il est tout aussi probable que des enfants doués intellectuellement en fassent également partie, ce qui contrebalancerait éventuellement la présence d'enfants moins doués. Étant donné la taille de l'échantillon, la représentativité de ces deux extrêmes s'inscrit de façon très probable à l'intérieur d'une courbe de Gauss. Rappelons par ailleurs que certains auteurs (Alloway, 2009; Francis et al., 2005; Siegel, 1993) ont démontré que le QI n'était pas un facteur permettant de prédire avec certitude les performances en langage écrit. Il n'était donc pas indispensable de contrôler cette variable.

Une autre limite est liée au nombre peu élevé de stimuli des tâches de connaissances orthographiques homophoniques et lexicales en raison de la difficulté à trouver des stimuli « illustrables ». Encore une fois, l'importance de la taille de l'échantillon diminue l'impact de ce biais sur les résultats.

Un biais environnemental aurait pu influencer les résultats de notre étude, car il n'a pas été possible de contrôler le niveau antérieur de « stimulation à l'apprentissage du langage écrit » avant la maternelle. Certains enfants ont en effet pu avoir plus que d'autres une exposition à l'écrit, sous l'effet de cette stimulation familiale ou environnementale. Rappelons cependant que l'étude a été effectuée auprès d'écoles de milieu socioculturel moyen et de façon longitudinale, donc avec les mêmes enfants bénéficiant possiblement du même environnement, dont l'influence s'est nécessairement poursuivie tout au cours du premier cycle du primaire.

Les résultats de cette recherche sont susceptibles de modifier les pratiques sur le plan de l'enseignement, du dépistage, de l'évaluation ainsi que de la prise en charge rééducative.

Sur le plan de l'enseignement, des programmes d'entraînement d'orthographe approchée pourraient être mis en place puisque de récentes recherches (Frost, 2005; Ouellette & Senechal, 2008) ont montré des effets positifs de ces programmes sur l'acquisition des connaissances orthographiques implicites et explicites.

Sur le plan du dépistage, des mesures du niveau de connaissances orthographiques ainsi que de la capacité de mémoire lexicale orthographique pourraient être considérées dès la maternelle afin de dépister les enfants à risque de présenter des difficultés spécifiques d'apprentissage du langage écrit.

Sur le plan de l'évaluation et de l'intervention, le fait d'avoir identifié le rôle distinct de la mémoire lexicale orthographique dans l'acquisition du langage écrit (en particulier pour l'acquisition de l'orthographe lexicale) permet d'envisager des épreuves afin d'identifier de façon précoce les enfants présentant un tel déficit et de mettre en place une intervention précoce et différenciée.

Cette thèse incite à poursuivre l'étude du rôle de la capacité de mémoire lexicale orthographique à long terme, auprès de populations présentant une forme de dyslexie et/ou

de dysorthographe et auprès de la population en situation d'illettrisme, afin de mieux comprendre l'importante hétérogénéité qui caractérise ces populations. Bien que chez certains adultes illettrés, leur handicap puisse relever très largement de facteurs culturels et/ou environnementaux, trois causes cognitives potentielles peuvent être identifiées comme étant responsables de leur illettrisme. Un déficit dans le maintien des représentations orthographiques, un déficit de traitement phonologique et/ou de traitement visuoattentionnel. Le premier déficit toucherait davantage les connaissances lexicales orthographiques nécessaires à la lecture et l'écriture, puisque celles-ci dépendent directement de la capacité du sujet à mémoriser un grand nombre d'associations. Ce déficit se manifesterait par des difficultés à lire et orthographier des mots inconsistants. À notre connaissance, il n'existe pas de protocole d'évaluation prenant compte de ces trois facteurs, qui peuvent se présenter d'ailleurs, soit de façon isolée, soit conjointement. Vu les résultats de notre recherche, il serait indispensable de concevoir et d'expérimenter un tel protocole à l'intention des personnes plus âgées, dans le but d'orienter plus spécifiquement les interventions rééducatives dont elles ont besoin.

D'autres études devraient également être menées afin de démontrer que, tout comme l'entraînement phonologique, un entraînement de la capacité de mémoire lexicale orthographique permettrait aussi d'améliorer l'acquisition des connaissances orthographiques chez des individus présentant des difficultés d'apprentissage du langage écrit.

Bibliographie

- Alloway, T. P. (2009). Working Memory, but Not IQ, Predicts Subsequent Learning in Children with Learning Difficulties. *European Journal of Psychological Assessment, 25*(2), 92-98.
- Brodeur, M., Gosselin, C., Mercier, J., Legault, F., & Vanier, N. (2005). Prévention des difficultés d'apprentissage en lecture : l'effet différencié d'un programme implanté par des enseignantes de maternelle chez leurs élèves. *Éducation et francophonie, 34*(2), 56-83.
- Francis, D. J., Fletcher, J. M., Stuebing, K. K., Lyon, G. R., Shaywitz, B. A., & Shaywitz, S. E. (2005). Psychometric approaches to the identification of LD: IQ and achievement scores are not sufficient. *Journal of Learning Disabilities*(38), 98-108.
- Frost, J. (2005). Phonemic awareness, spontaneous writing, and reading and spelling development from a preventive perspective *Reading and Writing, 14*, 487-513.
- Magnuson, K., Meyers, M., Ruhm, C., & Waldfogel, J. (2004). Inequality in Preschool Education and School Readiness. *American Educational Research Journal, 41*(1), 115-157.
- Neuman, S. B., & Celano, D. (2006). The knowledge gap: Implications of leveling the playing field for low-income and middle-income children. Reading. *Research Quarterly, 41*, 176-201.
- Ouellette, G., & Senechal, M. (2008). Pathways to literacy: a study of invented spelling and its role in learning to read. *Child Development, 79*(4), 899-913.
- Rouse, L. H., & Fantuzzo, W. J. (2009). Multiple risks and educational well being: A population-based investigation of threats to early school success. *Early Childhood Research Quarterly, 24*(1-14).
- Siegel, L. S. (1993). Phonological Processing Deficits as the Basis of a Reading Disability. *Developmental Review, 13*(3), 246-257.

