

Le programme pédagogique neuroéducatif « À la découverte de mon cerveau » : quels bénéfices pour les élèves d'école élémentaire ?

C. LANOË*, S. ROSSI**, L. FROMENT***, A. LUBIN****

* Maître de Conférences, ESPE, Université de Caen Basse-Normandie, LaPsyDÉ UMR CNRS 8240, Université Paris Descartes, Sorbonne Paris Cité, Paris, Université de Caen Basse-Normandie, Normandie Université, Caen, France.
Correspondance : ESPE de l'Académie de Caen, Université de Caen Basse-Normandie, 186, rue de la Délivrande, CS 25335, 14053 Caen cedex 04, France. Tél. : +33 (0)2 31 47 01 37. Fax : +33 (0)2 31 47 02 22.
Email : celine.lanoe@unicaen.fr

** Maître de Conférences, HDR, Université de Caen Basse-Normandie, LaPsyDÉ UMR CNRS 8240, Université Paris Descartes, Sorbonne Paris Cité, Paris, Université de Caen Basse-Normandie, Normandie Université, Caen, France

*** Psychologue, professeur des écoles

**** Maître de Conférences, Université Paris Descartes, LaPsyDÉ UMR CNRS 8240, Université Paris Descartes, Sorbonne Paris Cité, Paris, Université de Caen Basse-Normandie, Normandie Université, Caen, France

RÉSUMÉ : *Le programme pédagogique neuroéducatif « À la découverte de mon cerveau » : quels bénéfices pour les élèves d'école élémentaire ?*

Notre objectif est d'examiner si un programme neuroéducatif peut infléchir les théories implicites de l'intelligence et les compétences scolaires d'élèves âgés de 7 à 11 ans. Soixante-sept élèves bénéficiant ou non de ce programme sont évalués lors de pré et post-tests. Seuls ceux bénéficiant du programme neuroéducatif font évoluer leurs théories implicites de l'intelligence vers des croyances plus dynamiques et progressent en lecture et en calcul. Cette étude montre l'intérêt d'une approche métacognitive permettant aux élèves de comprendre le fonctionnement de leur cerveau pour mieux apprendre.

Mots clés : *Neuroéducation – Théories implicites de l'intelligence – Calcul – Lecture – Enfants d'âge scolaire.*

SUMMARY: *The pedagogical neuroscience course “To the discovery of my brain”: what benefits for elementary school children?*

The aim of this study is to examine whether a pedagogical neuroscience course could influence implicit theories of intelligence and academic skills of school children aged 7 to 11. Sixty seven school children receiving or not the course are evaluated at pre and post-tests. Only those receiving the neuroscience course change their implicit theories of intelligence to an incremental theory and promote better academic performances. This study shows the interest of a metacognitive approach allowing schoolchildren to understand how their brain function to better learn.

Key words: *Neuroeducation – Implicit theories – Arithmetic – Reading – School-age children.*

RESUMEN: *El programa pedagógico neuroeducativo “Descubrimiento de nuestro cerebro”: qué beneficios para los alumnos de escuela primaria ?*

El objetivo de este estudio es examinar si un programa pedagógico neuroeducativo puede influir en los conceptos de inteligencia y las competencias escolares de los alumnos de 7 a 11 años. 67 alumnos que han beneficiado o no de un programa neuroeducativo han sido evaluados antes y después de las pruebas. Únicamente los beneficiarios del programa hacen evolucionar sus teorías de la inteligencia hacia creencias más dinámicas lo que favorece mejores rendimientos escolares. Este estudio demuestra el interés de un enfoque metacognitivo que permite a los alumnos de entender el funcionamiento de su cerebro para aprender mejor.

Palabras clave: *Neuroeducación – Teorías de la inteligencia – Cálculo – Lectura – Niño de edad escolar.*

INTRODUCTION

Des progrès considérables dans la compréhension des processus en jeu dans les apprentissages ont marqué l'entrée dans le 21^e siècle. Ils ont conduit à l'émergence d'un nouveau point de vue dans le champ de l'éducation : prendre en compte le fonctionnement tant cognitif que neurocognitif de l'élève pour permettre la construction des connaissances et des compétences scolaires. Une nouvelle discipline naît ainsi, au croisement de la psychologie du développement, des sciences de l'éducation et des neurosciences cognitives : la neuroéducation. Elle ouvre des pistes de recherche et de politique éducative (CERI, 2007) avec pour objectif d'enseigner les rapports entre le cerveau et les apprentissages, et les processus qui y sont attachés, afin de mieux structurer les environnements scolaires (Dehaene, 2007 ; Goswami, 2005). Des programmes d'apprentissage reposant sur les principes du fonctionnement cérébral (*brain-based learning*) voient ainsi le jour depuis quelques années (Gaussel & Crahay, 2013), et tentent de fournir de nouveaux supports pédagogiques pouvant contribuer à de meilleurs apprentissages chez les élèves.

L'objectif de notre recherche est d'étudier, chez de élèves du Cours Élémentaire 1^{re} année (CE1) au Cours Moyen 2^e année (CM2), le bénéfice d'un programme pédagogique neuroéducatif, centré sur la façon dont le cerveau fonctionne et se développe. Ce programme a pour but de développer les connaissances métacognitives des élèves sur la plasticité de leur cerveau. Nous avons étudié son impact sur les théories implicites de l'intelligence construites par les élèves, ainsi que sur leurs performances scolaires en lecture et en calcul.

Notre intelligence est-elle déterminée dès la naissance ou est-elle évolutive ? La réponse à cette question, à l'origine de nombreux débats est au cœur de la construction de notre représentation sociale de l'intelligence avec des conséquences sur l'apprentissage scolaire (Mangels, Butterfield, Lamb, Good & Dweck, 2006). En effet, dans notre société, l'intelligence est souvent perçue comme une disposition stable, ne prenant pas en compte les potentialités individuelles façonnées par l'environnement psychosocial. Cette vision d'une intelligence innée et figée est pourtant remise en question par les théories neuroscientifiques, qui soutiennent que le développement cérébral est la conséquence des interactions entre l'organisation cérébrale de base (génétique) et l'environnement (l'acquis) (Stiles et Jernigan, 2010). Ainsi, chaque individu, selon son vécu, forge ses croyances sur l'intelligence, contribuant à la construction de théorie implicite de l'intelligence (Da Fonseca, Cury, Bailly & Rufo, 2004 ; Dweck, 1999).

Deux théories implicites de l'intelligence ont été mises en évidence chez les élèves par Dweck et Legett (1988). La théorie statique de l'intelligence concerne les élèves qui pensent que leur habileté intellectuelle est une disposition fixe, non modifiable. Ils préfèrent réaliser des tâches qui légitiment leur intelligence plutôt que celles qui ne la prouvent pas (Dweck, 2007a). Ainsi, dans des situations d'apprentissage, ils privilégient des buts « de

performance » qui prouvent leur niveau d'intelligence. Ces enfants sont motivés par le résultat (Perret, Dumesny, Grandjean & Muonghane, 2011) et s'opposent à la réalisation des tâches qui les mènent à l'erreur, même si elles sont source d'apprentissage (Hong, Chiu, Dweck, Lin & Wan, 1999). Ainsi, ils préfèrent cacher leurs erreurs plutôt que de les corriger (Nussbaum & Dweck, 2008). Ces élèves se focalisent plus sur la manière dont ils sont jugés par autrui que sur l'apprentissage et pensent que faire des efforts serait le signe d'un manque d'habileté intellectuelle (Dweck, 2007a). Ils arrêtent donc de travailler quand les exercices deviennent trop difficiles.

Au contraire, la théorie dynamique de l'intelligence concerne les élèves qui pensent que leur habileté intellectuelle peut être développée et modifiée en permanence grâce aux efforts (Blackwell, Trzesniewski & Dweck, 2007b). Ils privilégient des buts d'apprentissage, favorables au développement de leurs compétences, à la progression, ainsi qu'à la compréhension des nouveaux concepts, et sont motivés par la maîtrise de la tâche (Perret *et al.*, 2011). Pour eux, l'effort est considéré comme une activité positive permettant de développer l'intelligence. Ainsi, s'ils échouent, ils feront davantage d'efforts, essaieront de nouvelles stratégies, et se corrigeront (Blackwell *et al.*, 2007 ; Nussbaum & Dweck, 2008). La théorie dynamique de l'intelligence permet de ne pas craindre les « *challenges* », considérés comme bénéfiques pour apprendre (Dweck, 2007a).

Qu'est-ce qui amène l'élève à construire l'une ou l'autre des théories de manière dominante ? Da Fonseca *et al.* (2004) considèrent que ces théories s'organisent grâce à un long processus de socialisation et aux confrontations de l'enfant à divers facteurs environnementaux. Perret et collaborateurs (2011) confirment que l'expérience scolaire de l'enfant, et les commentaires réguliers qu'il reçoit des adultes dans des situations d'apprentissage, l'influencent dans l'élaboration d'une théorie implicite de l'intelligence. Des *feedbacks* orientés sur l'individu (« *je suis très fier de toi* », « *tu me déçois* ») suggèreraient à l'élève que l'adulte l'a observé attentivement, et qu'il le juge sur une qualité permanente (Da Fonseca *et al.*, 2004) ; l'élève manifeste alors une théorie statique de l'intelligence (Dweck, 1999). Au contraire, des *feedbacks* orientés sur les processus (« *très bien, mais peux-tu trouver une autre solution* », « *c'est bien, tu as fait des efforts* ») persuaderaient l'élève que l'erreur peut être corrigée grâce à l'effort en mettant en place de nouvelles stratégies (Da Fonseca *et al.*, 2004) ; l'élève développe ainsi une théorie dynamique de l'intelligence (Dweck, 1999). De même, selon Dweck (2007a), flatter les capacités intellectuelles des jeunes enfants, des adolescents ou des étudiants tend à des conséquences négatives. Ainsi, Mueller et Dweck (1998) ont montré que complimenter un élève de CM2 sur un supposé « don », contrairement à le complimenter sur ses efforts, l'amenait à préférer les tâches faciles aux difficiles, à se comparer aux autres (plutôt qu'à s'intéresser aux stratégies de résolution des exercices), à expliquer ses difficultés en remettant en cause son intelligence et à être moins performant.

Quel impact peuvent avoir les théories implicites de l'intelligence sur la performance scolaire ? Les élèves adhérant à l'une ou l'autre de ces théories se comportent différemment face aux apprentissages, ce qui va logiquement se répercuter sur leur performance scolaire. En effet, Henderson et Dweck (1990) ont mis en évidence que les collégiens manifestant une théorie statique de l'intelligence et de bons résultats en 6^e montraient une baisse de leurs résultats en 5^e contrairement à ceux ayant élaboré une représentation dynamique de l'intelligence, dont les résultats restent stables. Les élèves qui présentent une théorie statique de l'intelligence expliquent leurs échecs en doutant de leurs habiletés, ce qui entraîne des émotions négatives (appréhension envers le travail, anxiété à l'égard du collègue, etc.). Une théorie dynamique de l'intelligence permettrait aux élèves de ne pas être perturbés par leur échec et de s'adapter à la difficulté en envisageant d'autres stratégies. Ils considèreraient qu'ils peuvent modifier leurs habiletés, augmenter leurs efforts et apprendre mieux (Mangels *et al.*, 2006). L'effort et les difficultés n'étant pas associés à la peur d'échouer, ils progresseront davantage que ceux manifestant une représentation statique de leur intelligence (Tockzeck & Martinot, 2004).

Étant donné les liens forts existants entre ces théories et les apprentissages scolaires, on peut se demander si un programme pédagogique de découverte du cerveau et de sa plasticité pourrait moduler ces théories implicites de l'intelligence et, en conséquence, impacter favorablement les performances scolaires des élèves. Il existe très peu d'études dans ce domaine, celles-ci étant exclusivement réalisées auprès de collégiens. Blackwell *et al.* (2007) ont cherché à savoir si un programme pédagogique portant sur le cerveau et sa plasticité permettrait à des collégiens en difficultés scolaires d'augmenter leur degré d'accord avec la théorie dynamique de l'intelligence et d'être plus performants à un challenge en mathématiques proposé après l'intervention. Deux groupes d'élèves âgés de 12 à 13 ans ont été évalués en mathématiques à deux reprises avant l'intervention et manifestaient des scores en baisse. Ils ont ensuite réalisé 8 séances de 25 minutes réparties sur 2 mois, portant sur la plasticité cérébrale pour le groupe expérimental, et sur les processus de mémorisation pour le groupe contrôle. Alors qu'au début du programme les deux groupes avaient un degré d'accord avec la théorie dynamique de l'intelligence comparable, après celui-ci le groupe expérimental présentait une plus forte croyance en cette théorie que le groupe contrôle. De plus, trois semaines après l'intervention, les performances au challenge en mathématiques du groupe expérimental se sont stabilisées, alors que celles du groupe contrôle ont continué à diminuer. Dommett, Devonshire, Sewter et Greenfield (2013) ont également testé l'effet de ce type de programme composé de 4 séances de 50 minutes chacune réparties sur 1 mois. Des collégiens âgés de 11 à 12 ans ont été testés immédiatement puis 8 mois et 20 mois après le programme. Le groupe expérimental bénéficiait d'une séquence portant sur la plasticité cérébrale tout en encourageant la croyance en la théorie dynamique de l'intelligence (« *Qu'est-ce que le cerveau fait ? Comment le cerveau travaille ? Qu'arrive-t-il lorsqu'on apprend ?* »). Le groupe contrôle dit

« actif » recevait une intervention centrée sur les techniques d'apprentissage (conditions d'apprentissage, rôle des émotions dans l'apprentissage, processus de mémorisation) tandis qu'un second groupe contrôle dit « passif » ne bénéficiait d'aucune intervention. Les résultats montrent que les élèves du groupe expérimental présentent un plus fort degré d'accord avec la théorie dynamique de l'intelligence après l'intervention que les groupes contrôles, et que cet effet est robuste 20 mois après le programme. Cependant, contrairement à l'étude de Blackwell *et al.* (2007), aucun effet n'a été observé sur les performances des élèves en mathématiques.

OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

Les études convergent sur le fait que des interventions pédagogiques développant les connaissances sur le fonctionnement, la structure, le rôle et la plasticité cérébrale entraînent une augmentation du degré d'accord avec la théorie dynamique de l'intelligence chez les collégiens (Blackwell *et al.*, 2007 ; Dommett *et al.*, 2013). Toutefois, il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude comparable chez les élèves d'école élémentaire. Cette tranche d'âge est pourtant intéressante car c'est à cette période que se mettent en place ces théories avec une stabilisation vers 10-11 ans (Dweck, 2002). De plus, les effets sur la performance scolaire cités dans les études sont hétérogènes et restreints aux mathématiques. Le but de notre étude est donc d'évaluer les effets d'un programme pédagogique neuroéducatif sur les théories implicites de l'intelligence et les performances en lecture, et en mathématiques, des élèves de Cours Élémentaire (CE) et de Cours Moyen (CM). Deux groupes ont été constitués : l'un a suivi un programme pédagogique sur la découverte du cerveau, tandis que l'autre a bénéficié d'un programme pédagogique sur la découverte du monde du vivant. Trois séances de 45 minutes ont été proposées aux élèves de CE 1^{re} et 2^{de} année et de CM 1^{re} et 2^{de} année. Les élèves ont été interrogés à trois reprises : lors d'un pré-test avant le programme, lors d'un post-test immédiat à la fin du programme, et lors d'un post-test différé un mois et demi après la fin du programme. Le contenu des épreuves proposées était identique et comportait une mesure du degré d'accord avec la théorie implicite dynamique de l'intelligence et une évaluation des performances scolaires à travers des challenges chronométrés en lecture et en calcul. Il est attendu que le programme neuroéducatif devrait permettre aux élèves d'accroître leur degré d'accord avec la théorie dynamique de l'intelligence, contrairement aux élèves n'ayant pas suivi ce programme. Si cet effet était observé, les performances scolaires des élèves ayant participé au programme neuroéducatif devraient s'améliorer par rapport à celles de l'autre programme.

Méthode

Participants

Cette étude porte sur 67 élèves (âge moyen 9.3 ± 1.2 ans, 34 garçons), dont 34 élèves de CE et 33 élèves de CM scolarisés dans des classes de double niveaux de

quatre groupes scolaires du Calvados et du Cantal. Les parents et les enfants ont donné leur consentement pour participer à cette étude.

Procédure

L'échantillon a été divisé de façon aléatoire en deux groupes issus de quatre écoles du Calvados et du Cantal. Le premier groupe constitué de 35 élèves (18 CE1 et CE2, âge moyen 8.3 ± 0.7 ans, et 17 CM1 et CM2, âge moyen 10.1 ± 0.7 ans) a bénéficié d'un programme pédagogique neuroéducatif constitué d'une séquence sur la découverte du cerveau. Le second groupe composé de 32 élèves (16 CE1 et CE2, âge moyen 8.6 ± 0.6 ans, et 16 CM1 et CM2, âge moyen 10.2 ± 1 an) a suivi un programme pédagogique constitué d'une séquence portant sur la découverte du monde du vivant. Les séquences ont été réalisées par une étudiante de deuxième année de Master MEEF (Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation, Université de Caen Basse-Normandie) avec les élèves de CE1 et de CE2, et une étudiante de deuxième année du Master de Psychologie (Université Paris Descartes), préparant le concours de professeur des écoles, avec les élèves de CM1 et CM2. Les deux séquences comportaient chacune 3 séances de 45 minutes. Les deux groupes ont été interrogés avant la séquence (pré-test), immédiatement après la dernière séance (post-test 1), et un mois et demi après la fin de la dernière séance (post-test 2) par les deux étudiantes (*tableau 1*).

Le programme pédagogique neuroéducatif (séquence sur demande à l'auteur) était constitué de trois séances portant sur la manière dont le cerveau fonctionne et se développe, réparties sur deux semaines. Les séances ont été construites à partir de diverses sources bibliographiques (Gagné & Ainsley, 2002 ; Gagné, Leblanc & Rousseau, 2009 ; Pasquinelli, Zimmermann, Bernard-Delorme & Descamps-Latscha, 2013). Le programme portant sur le monde du vivant était de même durée et fréquence et traitait de la naissance, croissance et reproduction des êtres vivants (Découvrir le monde du vivant en CE1 ainsi que l'unité et la diversité du vivant pour les CE2, CM1 et CM2, BOEN 2008, 2012). Dans les deux programmes, chaque séance comportait quatre temps : amorce de l'activité, travail de

recherche, mise en commun et institutionnalisation à partir de documents vidéo et de supports pédagogiques variés.

Les pré et post-tests immédiat et différé, d'une durée de 15 minutes chacun, ont permis d'évaluer de façon collective les théories implicites de l'intelligence des élèves ainsi que leurs compétences scolaires en lecture et en calcul. Les théories implicites de l'intelligence ont été évaluées grâce au questionnaire élaboré par Da Fonseca *et al.* (2007) pour des enfants âgés de 11 à 16 ans. Il comprend six items liés à la caractéristique non modifiable (théorie statique) ou modifiable (théorie dynamique) de l'intelligence (« *Il faut beaucoup travailler pour être intelligent* », « *le niveau d'intelligence change peu même si on fait beaucoup d'effort* »). Les enfants indiquant leur réponse sur une échelle de Likert en cinq points (de « *pas du tout d'accord* » à « *tout à fait d'accord* »). Les réponses aux six items ont été cotées sur 30 points. Les scores de trois items ont été inversés afin que plus le score soit élevé, plus l'enfant manifeste une théorie implicite dynamique de l'intelligence. Nous avons adapté ce questionnaire à des enfants plus jeunes en ajoutant des *smileys* à l'échelle, ainsi qu'en lisant et explicitant chaque item aux enfants.

Les performances scolaires ont été évaluées à travers des *challenges* chronométrés en lecture et en calcul. Les élèves ont réalisé un test de fluence de lecture impliquant vitesse et précision (vitesse en lecture de Khomsi, Pasquet, Nanty, & Parbeau-Guéno, 2005) dans lequel ils devaient lire des mots et rayer ceux dont l'orthographe était incorrecte en moins de deux minutes. Le score maximal de 90 correspond au nombre de mots correctement rayés, auquel on soustrait le nombre de mots rayés à tort. Les élèves ont également réalisé un test de fluence de calcul mental dans lequel ils devaient résoudre 12 additions, 12 soustractions, et 12 multiplications, en moins de deux minutes (épreuve inspirée d'un subtest de la Woodcock Johnson III, Tests of Achievement, Woodcock, McGrew & Mather, 2001). Le score maximal de 36 correspond au nombre d'opérations résolues correctement.

Tableau 1. Protocole présentant les deux types de programmes.

	Pré-test	Séquence pédagogique			Post-test immédiat	Post-test différé (1,5 mois plus tard)
Programme neuroéducatif	- <i>Théories implicites de l'intelligence</i> - <i>Fluence lecture</i> - <i>Fluence calcul</i>	Séance 1 À quoi ressemble mon cerveau et à quoi sert-il ?	Séance 2 Comment mon cerveau « grandit » ?	Séance 3 Que se passe-t-il dans mon cerveau quand j'apprends ?	- <i>Théories implicites de l'intelligence</i> - <i>Fluence lecture</i> - <i>Fluence calcul</i>	- <i>Théories implicites de l'intelligence</i> - <i>Fluence lecture</i> - <i>Fluence calcul</i>
Programme contrôle		Séance 1 Comment naissent les êtres vivants ?	Séance 2 Comment grandissent les êtres vivants ?	Séance 3 Comment se reproduisent les êtres vivants ?		

Résultats

Afin de tester l'effet des programmes pédagogiques, nous avons réalisé des Analyses de Variance (ANOVA) à deux facteurs indépendants : type de Programme (neuroéducatif vs. contrôle) et Niveau scolaire (CE1-CE2 vs. CM1-CM2)¹. Lorsque l'effet d'interaction était significatif, les analyses ont été complétées par des comparaisons *a posteriori* (test post-hoc LSD Fisher). Pour chacune de ces analyses, nous avons rapporté la taille de l'effet (éta-carré partiel pour l'ANOVA et *d* de Cohen pour les différences de moyennes). Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel *Statistica*.

Nous constatons que les deux types de programmes ne diffèrent pas significativement au pré-test sur l'âge moyen des élèves ($F_{(1, 65)} = .77, p = .38, \eta^2 = .01$), sur le score moyen des théories implicites de l'intelligence ($F_{(1, 64)} = .28, p = .60, \eta^2 = .004$), sur le score moyen de fluence de lecture ($F_{(1, 65)} = .64, p = .42, \eta^2 = .009$), ainsi que sur le score moyen de fluence de calcul ($F_{(1, 65)} = 2.02, p = .16, \eta^2 = .03$).

Nous avons calculé un pourcentage de progression entre le pré et le post-test 1 (post-test 1 moins pré-test) et entre le pré et le post-test 2 (post-test 2 moins pré-test) à partir des scores traduits en pourcentage des théories implicites de l'intelligence et des performances scolaires (lecture et calcul). Un pourcentage de progression positif indique une évolution vers la théorie dynamique de l'intelligence tandis qu'un pourcentage de progression négatif signifie une évolution vers la théorie fixiste de l'intelligence. De même, un pourcentage de progression positif indique une augmentation des scores en fluence de lecture et de calcul alors qu'un pourcentage de progression négatif signifie une régression des scores. Le *tableau 2* présente l'ensemble des résultats.

Effets observés sur les théories implicites de l'intelligence des élèves

Aucun effet significatif principal du Niveau scolaire ($F_{(1, 62)} = 1.68, p = .20, \eta^2 = .03$) et du type de Programme

($F_{(1, 62)} = 2.39, p = .13, \eta^2 = .04$), ni d'interaction ($F_{(1, 62)} = .002, p = .96, \eta^2 = .00003$) n'ont été obtenus sur le pourcentage moyen de progression entre le pré et le post-test 1.

Nous observons un effet significatif du Niveau scolaire ($F_{(1, 62)} = 6.59, p = .01, \eta^2 = .10$) ainsi qu'un effet d'interaction sur le pourcentage moyen de progression entre le pré et le post-test 2 ($F_{(1, 62)} = 4.99, p = .02, \eta^2 = .07$). Les tests post-hoc révèlent qu'il y a un effet significatif du type de Programme chez les élèves de CM1-CM2, la progression moyenne étant plus élevée suite à un programme neuroéducatif ($M_{\text{NEUROÉDUCATIF}} = 11.6 \pm 12.13 \% \text{ vs. } M_{\text{CONTRÔLE}} = -1.2 \pm 13.27 \%, p = .03, d = .86$), contrairement à ce qui est observé chez les élèves de CE1-CE2 ($M_{\text{NEUROÉDUCATIF}} = -8.9 \pm 23.06 \% \text{ vs. } M_{\text{CONTRÔLE}} = -2.8 \pm 18.47 \%, p = .31, d = .29$). Ainsi, suite à un programme neuroéducatif, les élèves de CM1-CM2 ont davantage fait évoluer leur théorie implicite de l'intelligence vers une théorie dynamique en post-test 2 que ceux de l'autre programme.

Effets observés sur la fluence de lecture des élèves

Nous observons un effet significatif principal du Niveau scolaire ($F_{(1, 63)} = 5.26, p = .02, \eta^2 = .08$), un effet du type de Programme ($F_{(1, 63)} = 13.40, p = .0052, \eta^2 = .17$), ainsi qu'un effet d'interaction entre ces facteurs ($F_{(1, 63)} = 8.79, p = .002, \eta^2 = .12$) sur le pourcentage moyen de progression entre le pré et le post-test 1. Les tests post-hoc révèlent qu'il y a une différence significative entre les deux programmes chez les élèves de CM1-CM2 ($M_{\text{NEUROÉDUCATIF}} = 5.8 \pm 3.8 \% \text{ vs. } M_{\text{CONTRÔLE}} = -0.3 \pm 3.4 \%, p = .0001, d = .92$), contrairement aux élèves de CE1-CE2 ($M_{\text{NEUROÉDUCATIF}} = 0.9 \pm 3 \% \text{ vs. } M_{\text{CONTRÔLE}} = 0.3 \pm 4.3 \%, p = .62, d = .17$). Les élèves de CM1-CM2 ayant suivi le programme neuroéducatif ont davantage fait évoluer leurs performances de fluence de lecture entre le pré-test et le post-test 1 que ceux de l'autre programme.

Nous constatons un effet significatif du type de Programme ($F_{(1, 63)} = 14.13, p = .0003, \eta^2 = .23$), mais pas d'effet du Niveau scolaire ($F_{(1, 63)} = 1.01, p = .32, \eta^2 = .01$) ni d'effet

Tableau 2. Pourcentages de progression (écart-type) entre le pré et les post-tests 1 et 2 relatifs aux théories implicites de l'intelligence et aux performances en fluence de lecture et de calcul selon le programme pédagogique et le niveau scolaire (NS = non significatif, * = $p < .05$, *** = $p < .0001$).

Évaluation	Niveau scolaire	POST1 minus PRE			POST2 minus PRE		
		Programme Neuroéducatif	Programme Contrôle	p	Programme Neuroéducatif	Programme Contrôle	p
Théories implicites de l'intelligence	CE1/CE2	2.20 (3.80)	-3.33 (17.6)	NS	-8.87 (23.07)	-2.83 (18.47)	NS
	CM1/CM2	6.07 (11.37)	1.43 (14.60)	NS	11.57 (12.13)	-1.23 (13.27)	*
Lecture	CE1/CE2	0.92 (3.07)	0.28 (4.27)	NS	4.81 (4.94)	1.03 (5.64)	***
	CM1/CM2	5.81 (3.80)	-0.34 (3.41)	***	7.44 (5.13)	1.11 (6.25)	***
Calcul	CE1/CE2	6.94 (9.78)	-0.17 (6.75)	*	8.17 (11.22)	4.33 (9.05)	NS
	CM1/CM2	4.56 (10.83)	9.19 (8.22)	NS	6.69 (12.14)	11.28 (7.94)	NS

¹ Nous n'observons pas de différence significative en pré-test sur les scores de théories implicites de l'intelligence, de lecture, et de calcul

entre les CE1 et CE2 et entre les CM1-CM2. Nous les avons donc regroupés en deux niveaux scolaires au lieu de quatre.

d'interaction ($F_{(1, 63)} = .91, p = .34, \eta^2 = .01$) sur le pourcentage moyen de progression entre le pré et le post-test 2. Les élèves ayant bénéficié du programme neuroéducatif ($m = 6.1 \pm 5.1 \%$) ont davantage progressé entre le pré-test et le post-test 2 que ceux ayant suivi l'autre programme ($m = 1 \pm 5.85 \%$).

Effets sur la fluence de calcul des élèves

Nous observons un effet significatif d'interaction entre les facteurs Niveau scolaire et type de Programme ($F_{(1, 62)} = 6.82, p = .01, \eta^2 = .10$) sur le pourcentage moyen de progression entre le pré et le post-test 1. En effet, les tests post-hoc révèlent qu'il y a une différence significative entre les deux programmes chez les élèves de CE1-CE2 ($M_{\text{NEUROÉDUCATIF}} = 6.9 \pm 9.8 \%$ vs. $M_{\text{CONTRÔLE}} = -0.2 \pm 6.7 \%$, $p = .02, d = .76$) contrairement aux élèves de CM1-CM2 ($M_{\text{NEUROÉDUCATIF}} = 4.6 \pm 10.8 \%$ vs. $M_{\text{CONTRÔLE}} = 9.2 \pm 8.2 \%$, $p = .15, d = .48$). Les élèves de CE1-CE2 ayant suivi le programme neuroéducatif ont davantage progressé en calcul entre le pré-test et post-test 1 que ceux ne l'ayant pas suivi.

Aucun effet significatif du Niveau scolaire ($F_{(1, 63)} = 1.18, p = .28, \eta^2 = .02$), du type de Programme ($F_{(1, 63)} = .0021, p = .88, \eta^2 = .003$), et d'interaction ($F_{(1, 63)} = 2.79, p = .10, \eta^2 = .04$) n'ont été obtenus sur le pourcentage de progression entre le pré et le post-test 2.

DISCUSSION

Le but de cette étude était d'évaluer les effets d'un programme pédagogique neuroéducatif sur les théories implicites de l'intelligence et les performances scolaires en lecture et en calcul des élèves du CE1 au CM2. Nos résultats montrent que ce programme 1/ permet aux élèves de CM1-CM2 d'accroître leur degré d'accord en une théorie dynamique de l'intelligence à moyen terme, 2/ influe positivement sur les performances en lecture à court terme chez les CM1-CM2 et à moyen terme chez tous les élèves, 3/ ainsi qu'en calcul à court terme chez les élèves de CE1-CE2.

Alors que les élèves des deux programmes manifestaient une croyance en la théorie dynamique comparable lors du pré-test, le programme pédagogique neuroéducatif a permis aux élèves de CM1-CM2 d'endosser une plus forte croyance en cette théorie lors du post-test différé un mois et demi après. Les effets n'apparaissent donc pas immédiatement après la dernière séance. Il faut attendre ce délai pour observer une évolution des conceptions des élèves, tout comme Dommett *et al.* (2013) l'avaient observé 8 puis 20 mois après leur intervention. Un délai minimal est très probablement nécessaire aux élèves pour prendre en compte les éléments du programme et transformer leurs croyances en une théorie plus dynamique. Nos résultats confirment ceux obtenus par Blackwell *et al.* (2007) et Dommett *et al.* (2013), qui avaient réalisé des programmes similaires d'une durée plus longue (respectivement huit séances sur deux mois et quatre séances sur un mois), et auprès d'élèves plus âgés (respectivement 12-13 ans et

11-12 ans). L'impact de notre programme pédagogique neuroéducatif sur les théories implicites de l'intelligence est donc avéré, avec une durée plus courte (trois séances pendant deux semaines), et chez des élèves plus jeunes (10 à 11 ans). Cependant, cette efficacité n'est pas constatée avec les élèves les plus jeunes de notre échantillon, scolarisés en CE1-CE2. À cette période, les théories implicites se développent, s'affinent et se différencient, mais ne sont pas encore cristallisées sous forme de théories systématiques (Dweck, 2002). Chez ces élèves, une évolution vers des théories implicites plus dynamiques de l'intelligence nécessiterait sans doute plus de temps, tout en requérant probablement un nombre plus important de séances (Blackwell *et al.*, 2007 ; Dommett *et al.*, 2013).

Le programme pédagogique neuroéducatif permet aux élèves de CM1-CM2 d'augmenter leur fluence de lecture entre le pré et le post-test immédiat ainsi qu'entre le pré et le post-test différé contrairement aux élèves de l'autre programme. Chez les élèves de CE1-CE2, cette augmentation s'observe entre le pré et le post-test différé. Ainsi, les effets du programme apparaissent immédiatement et se prolongent dans le temps chez les élèves de CM1-CM2, tandis qu'ils ne sont présents qu'un mois et demi après l'intervention chez les élèves de CE1-CE2. On observe que cet effet s'observe chez les élèves de CE1-CE2 alors que leur théorie de l'intelligence n'a pas évolué vers des conceptions plus dynamiques. Il est probable que l'effet du programme ne transite pas nécessairement par les théories implicites de l'intelligence, mais peut-être par d'autres processus, tels qu'une modification du degré de motivation des élèves (Dweck, 2007b). Lors de la tâche de fluence de calcul mental, seuls les élèves de CE1-CE2 ayant suivi le programme neuroéducatif augmentent leur score immédiatement après la séquence en comparaison aux élèves ayant suivi l'autre programme. L'amélioration des performances s'avère donc immédiate chez les élèves les plus jeunes. Ce résultat corrobore ceux de Blackwell *et al.* (2007) obtenus auprès d'un public de jeunes adolescents en difficultés scolaires, dans le cadre d'un dispositif de soutien et d'aide personnalisée. Nous pouvons expliquer l'absence d'effet du programme chez les élèves les plus âgés par un effet plafond au test de fluence de calcul. Les élèves de CM1-CM2 manifestent déjà en pré-test de fortes performances en calcul avec une marge de progression nettement réduite en post-test. Un *challenge* mathématique plus complexe, plus diversifié, avec une amplitude de score plus élevée, aurait sans doute permis plus de progression.

Faire évoluer les théories implicites de l'intelligence des élèves grâce à un programme pédagogique neuroéducatif de découverte sur la structure, le fonctionnement et la plasticité du cerveau est donc possible dès l'école élémentaire, uniquement avec les élèves de CM1/CM2 et seulement un mois et demi après la fin du programme. Ces interventions ont un effet bénéfique sur les performances scolaires lors de « *challenges* » chronométrés de fluence de lecture et de calcul. Cet effet s'observe notamment sur les performances en lecture à court terme chez les élèves de CM1-CM2 et à moyen terme chez tous les élèves ainsi qu'en calcul à court terme chez les élèves de CE1-CE2. Alors que les

précédentes études avaient investigué les effets de ces interventions auprès de collégiens, nos résultats révèlent une modulation des théories de l'intelligence à partir du CM1-CM2. Notre étude souligne l'intérêt d'adapter des interventions neuroéducatives afin de permettre aux jeunes élèves d'avoir accès précocement à une théorie plus dynamique de l'intelligence, avant qu'elle ne se cristallise vers l'âge de 10-11 ans (Dweck, 2002).

APPLICATIONS PÉDAGOGIQUES ET CONCLUSION

Étant donné que les élèves d'âge scolaire ne reçoivent pas d'instruction officielle concernant le cerveau et son rôle, ils se construisent des connaissances naïves sur le cerveau et ses fonctions, souvent inappropriées (Pasquinelli, 2012). En effet, bien que les enfants âgés de 4 à 13 ans reconnaissent que le cerveau est utile pour penser, les plus jeunes manifestent souvent plus de difficultés à attribuer un rôle au cerveau pour des fonctions plus basiques (voir, sentir ou goûter) (Marshall & Comalli, 2012). Cependant, ces connaissances peuvent être modulées sous l'effet d'une intervention pédagogique. Marshall et Comalli (2012) ont montré qu'après avoir bénéficié d'un programme pédagogique portant sur le rôle et les fonctions du cerveau, les enfants de 5 à 8 ans prennent conscience de l'implication du cerveau lors des expériences sensorielles. De plus, les connaissances des enfants sur le cerveau peuvent être aussi modifiées, de façon plus exceptionnelle, sous l'effet de la participation à une étude en neuroimagerie (Rossi, Lanoë, Poirel, Pineau, Houdé & Lubin, soumis). Des enfants de 8 ans ayant participé à un protocole de recherche en imagerie cérébrale et ayant vu les images de leur cerveau attribuent un rôle plus important au cerveau en ce qui concerne les fonctions de base (voir et parler) et les fonctions scolaires (lire et compter). Ils manifestent aussi une meilleure compréhension des relations entre le cerveau et la pensée en ce qui concerne les fonctions mentales (rêver et imaginer), contrairement aux enfants d'un groupe contrôle n'ayant pas participé à un protocole en neuroimagerie.

Le cerveau étant l'organe de l'apprentissage, il est fondamental de former, non seulement, les élèves, mais également les enseignants à propos de son fonctionnement (Ansari, Coch & De Smedt, 2011 ; Cameron & Chulder, 2003). Multiplier les collaborations entre chercheurs en neuroéducation et professionnels de l'éducation est nécessaire afin de proposer des méthodes pédagogiques efficaces (Lubin, Lanoë, Pineau & Rossi, 2012 ; Rossi, Lubin, Lanoë & Pineau, 2012). Mais mieux connaître son cerveau, c'est aussi comprendre ses processus mentaux et développer ses connaissances métacognitives. Ainsi, introduire les sciences cognitives à l'école (Pasquinelli, 2014) et faire découvrir aux élèves comment fonctionne leur cerveau afin de mieux s'en servir (Gagné & Ainsley, 2002 ; Gagné *et al.*, 2009 ; Pasquinelli, Zimmermann, Bernard-Delorme & Descamps-Latscha, 2013) nous semble indispensable et doit être développé dès le plus jeune âge.

Cette approche pourrait être envisagée auprès des élèves d'école primaire en difficultés scolaires dans le cadre des Activités Pédagogiques Complémentaires (APC) réalisées par les enseignants de classe ordinaire ou auprès des élèves de seconde qui rencontrent des difficultés pendant les heures d'Accompagnement Personnalisé (AP) effectuées par les professeurs du second degré. En effet, les élèves en difficultés scolaires ont souvent perdu leur motivation et développent une estime de soi très faible (Toczek & Martinot, 2004). C'est dans ce cadre que Malsert, Theurel et Gentaz (2013) ont évalué l'efficacité d'un programme axé sur les fonctions cognitives et métacognitives sur les performances d'élèves de seconde en difficultés scolaires. Ils ont montré une stabilisation des performances scolaires des élèves du groupe expérimental après la réalisation de l'atelier cognitif, alors que ces performances tendaient à diminuer chez les élèves du groupe contrôle. Un programme neuroéducatif s'avérerait également utile avec des élèves présentant des difficultés d'apprentissage persistantes durant les temps de remédiation proposés par les enseignants spécialisés, ou les psychologues scolaires des Réseaux d'Aides Spécialisées (RASED). Des enfants dyslexiques âgés de 9 à 11 ans, étant confrontés au sentiment d'échec malgré leurs efforts, développent une croyance plus forte en la théorie statique qu'en la théorie dynamique de l'intelligence (Perret *et al.*, 2011). Ce type de programme pourrait être complété par des outils de remédiation cognitive et métacognitive basés sur la littérature scientifique d'imagerie cérébrale, de neuroéducation, et de gestion cognitive afin de maximiser le développement des habiletés de gestion de la mémoire de travail chez l'apprenant (Gagné, Longpré & Rossi, 2014).

Notre étude est la première, à notre connaissance, à montrer l'intérêt de développer chez les élèves, dès l'école élémentaire, des connaissances de neurosciences afin de leur permettre d'avoir accès à une théorie dynamique de l'intelligence plus forte, ce qui se répercute sur leurs résultats scolaires. Ces résultats permettent également d'envisager l'intérêt de telles interventions pour les professionnels qui prennent en charge les élèves en difficultés scolaires, afin qu'ils retrouvent motivation et confiance en leur potentiel intellectuel.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les enseignants, directeurs d'école, inspecteurs de l'Éducation nationale ainsi que tous les élèves ayant participé à cette étude. Nous exprimons également nos sincères remerciements à Laura Lebretonchel et Flavie Liegard, étudiantes en Master MEEF ainsi qu'à Patrice Couppey, Jean Malbert et Patrice Longuecamp, professeurs des écoles.

RÉFÉRENCES

- ANSARI, D., COCH, D. & DE SMEDT, B. (2011). Connecting Education and Cognitive Neuroscience: Where will the journey take us? *Educational Philosophy and Theory*, 43, 37-42.
- BLACKWELL, L., TRZESNIEWSKI, K. & DWECK, C. S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent

- transition: A longitudinal study and an intervention. *Child Development*, 78, 246-263.
- BOEN (2008). *Horaires et programmes d'enseignement de l'école primaire*, hors-série n° 3, 19 juin 2008.
- BOEN (2012). *Progressions pour l'école élémentaire*, n° 1, 5 janvier 2012.
- CAMERON, W. & CHUDLER, E. (2003). A role for neuroscientists in engaging young minds. *Nature Review Neuroscience*, 4, 763-768.
- Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement (CERI). (2007). *Comprendre le cerveau : naissance d'une science de l'apprentissage*. Paris : OCDE.
- DA FONSECA, D., CURY, F., BAILLY, D. & RUFO, M. (2004). Rôle des théories implicites à l'école primaire. *Archives de pédiatrie*, 11, 1225-1229.
- DA FONSECA, D., SCHIANO-LOMORIELLO, S., CURY, F., POINSO, F., RUFO, M. & THERME, P. (2007). Validité Factorielle d'un questionnaire mesurant les Théories Implicites De l'Intelligence (TIDI). *L'Encéphale, Revue de Psychiatrie Clinique Biologique et Thérapeutique*, 33, 579-584.
- DEHAENE, S. (2007). *Les Neurones de la lecture*. Paris : Odile Jacob.
- DOMMETT, E. J., DEVONSHIRE, I. A., SEWTER, E. & GREENFIEL, S. A. (2013). The impact of participation in a neuroscience course on motivational measures and academic performance. *Trends in Neuroscience and Education*, 2, 122-138.
- DWECK, C. S. (1999). *Self-theories: Their role in motivation, personality, and development*. Philadelphia, PA: Taylor & Francis.
- DWECK, C. S. (2002). The development of ability conceptions In A. Wigfield et J. Eccles (Eds.), *Development of achievement motivation* (pp. 57-88). New York: Academic Press.
- DWECK, C. S. (2007a). The perils and promises of Praise. *Educational Leadership*, 65, 34-39.
- DWECK, C. S. (2007b). Boosting achievement with messages that motivate. *Education Canada*, 47, 6-10.
- DWECK, C. S. & LEGETT, E. L. (1988). A social cognitive approach to motivation and personality. *Psychological review*, 95, 256-273.
- GAGNÉ, P.-P. & AINSLEY, L. (2002). *Cerveau... mode d'emploi. Module 1*. Montréal : Éditions de la Chenelière.
- GAGNÉ, P.-P., LEBLANC, N. & ROUSSEAU, A. (2009). *Apprendre une question de stratégie. Développer les habiletés liées aux fonctions exécutives*. Montréal : Éditions de la Chenelière.
- GAGNÉ, P.-P., LONGPRÉ, L.-P. & ROSSI, S. (2014). *MémoAction. Outils pour développer la mémoire de travail*. Montréal : Chenelière Éducation.
- GAUSSEL, M. & REVERDY, C. (2013). Neurosciences et éducation : la bataille des cerveaux. *Dossier de Veille de l'Institut Français de l'Éducation*, 86, 1-40.
- GOSWAMI, H. (2005). The brain in the classroom? The state of the art. *Developmental Science*, 8, 467-469.
- HENDERSON, V. L. & DWECK, C. S. (1990). Motivation and achievement. In S.S. Feldman et G.R. Elliot (Eds.), *At the threshold: The developing adolescent* (pp.308-329). Cambridge: HarvardUniversity Press.
- HONG, Y. Y., CHIU, C., DWECK, C. S., LIN, D. & WAN, W. (1999). Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77, 588-599.
- KHOMSI, A., PASQUET, F., NANTY, I. & PARBEAU-GUÉNO, A. (2005). *Vitesse en lecture*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée (ECPA).
- LUBIN, A., LANOË, C., PINEAU, A. & Rossi, S. (2012). Apprendre à inhiber : une pédagogie innovante au service des apprentissages scolaires fondamentaux (mathématiques et orthographe) chez des élèves de 6 à 11 ans. *Neuroéducation*, 1, 1, 55-85.
- MALSERT, J., THEUREL, E & GENTAZ, E. (2013). Évaluation des effets d'un programme « Atelier cognitif (AC) : comprendre le fonctionnement du cerveau pour mieux apprendre » sur les performances d'élèves de seconde générale. *ANAE*, 123, 120-126.
- MANGELS, J. A., BUTTERFIELD, B., LAMB, J., GOOD, C. D. & DWECK, C. S. (2006). Why do beliefs about intelligence influence learning success? A social-cognitive-neuroscience model. *Social, Cognitive, and Affective Neuroscience*, 1, 75-86.
- MARSHALL, P. J. & COMALLI, C. E. (2012). Young Children's Changing Conceptualizations of Brain Function: Implications for Teaching Neuroscience in Early Elementary Settings. *Early Education & Development*, 23, 4-23.
- MUELLER, C. M. & DWECK, C. S. (1998). Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75, 33-52.
- NUSSBAUM, A. D. & DWECK, C. S. (2008). Defensiveness vs. remediation: Self-theories and modes of self-esteem maintenance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34, 127-134.
- PASQUINELLI, E. (2012). Neuromyths: why do they exist and persist? *Mind Brain and Education*, 6, 89-96.
- PASQUINELLI, E. (2014). *Du labo à l'école : science et apprentissage*. Paris : Le Pommier.
- PASQUINELLI, E., ZIMMERMANN, G., BERNARD-DELORME, A. & DESCAMPS-LATSCHA, B. (2013). *Les écrans, le cerveau... et l'enfant*. Paris : Le Pommier.
- PERRET, P., DUMESNY, M., GRANDJEAN, D. & MUONGHANE, V. S. (2011). Troubles des apprentissages et théories implicites de l'intelligence. *Développements*, 8, 35-42.
- ROSSI, S., LUBIN, A., LANOË, C. & PINEAU, A. (2012). Une pédagogie du contrôle cognitif pour l'amélioration de l'attention à la consigne chez l'enfant de 4-5 ans. *Neuroéducation*, 1, 1, 1-22.
- ROSSI, S., LANOË, C., POIREL, N., PINEAU, A., HOUDÉ, O. & LUBIN, A. (soumis). When I met my brain: Participating in a neuroimaging study influences the naïve brain-mind children's conceptions.
- STILES, J. & JERNIGAN, T. (2010). The Basics of Brain Development. *Neuropsychology Review*, 20, 327-348.
- TOCZEK, M. C. & MARTINOT, D. (2004). *Le défi éducatif. Des situations pour réussir*. Paris : Armand Colin.
- WOODCOCK, R. W., MCGREW, K. S. & MATHER, N. (2001). *Woodcock Johnson Psychoeducational Battery* (3rd Edition). Chicago: Riverside Publishing.