

L'estimation et la mise en correspondance entre les codes dans le programme de CP : amélioration des compétences mathématiques

?

Résultats issus de la recherche ACE
(Arithmétique et Compréhension à l'École Élémentaire)

En 2010, la Direction Générale de l'Enseignement Scolaire (DGESCO) a sollicité plusieurs universitaires afin de concevoir et mettre en oeuvre une nouvelle progression pour l'enseignement des mathématiques en CP. Les universitaires concernés par cet appel étaient Gérard Sensevy (Université de Rennes 2), Emmanuel Sander (Université de Paris 5), Jean-Paul Fischer (Université de Nancy) et Bruno Vilette (Université de Lille 3). Une équipe de recherche s'est constituée autour de chaque universitaire avec des doctorants, des Maîtres Formateurs, les Inspecteurs de l'Education Nationale et des conseillers pédagogiques afin de mettre au point cette progression. La phase d'expérimentation sur le terrain en classe de CP a été mise en oeuvre dans quatre académies : Rennes, Marseille, Paris et Lille.

Quatre hypothèses générales ont sous-tendu la construction de la progression :

- 1- La sollicitation constante de l'estimation numérique et l'interaction des différents systèmes de représentations du nombre et du calcul.
- 2- L'apport de séances intenses et quotidiennes du calcul mental afin de consolider les connaissances et les automatiser.
- 3- La pratique de situations évolutives où les élèves expérimentent réellement les mathématiques en maniant les différentes représentations et en utilisant la composition/décomposition de manière privilégiée,
- 4- Une activité accompagnée de recodage sémantique lors de la résolution de problèmes afin de donner du sens aux notions à acquérir.

C'est évidemment la première hypothèse qui a mobilisé plus particulièrement la suite de notre travail. Nous allons maintenant décrire davantage la recherche ACE, ses participants ainsi que l'outil utilisé pour entraîner à l'estimation numérique ; puis nous analyserons la pertinence des activités d'estimation proposées dans la progression.

1. Cadre général de la recherche ACE

Le fonctionnement de la progression est basé sur une succession de situations progressives et emboîtées. Elle se veut répondre à un principe de continuité dans les savoirs et dans l'expérience mathématique des élèves. De ce fait, les élèves savent toujours de quoi il est question, puisque les situations partagent toujours la même structure de base. Ils peuvent ainsi centrer leur attention et leur mémorisation uniquement sur les variations propres à chaque séquence. Ces situations font référence à quatre domaines : le jeu des annonces (nombre, addition, soustraction), la résolution de problème (résolution et sémantique des problèmes), le calcul mental (internalisation des connaissances) et les activités d'estimation (mise en correspondance des différentes représentations numériques). La plupart des points fondamentaux listés dans « Le nombre au cycle 2 » présenté plus haut, font partie intégrantes de la progression. Notre propos ici n'est pas de comparer les quatre apports majeurs de la progression ACE mais bien de tenter de montrer l'intérêt d'un entraînement à l'estimation dans un dispositif scolaire complet au CP.

Nous allons détailler ici (1) l'adaptation du logiciel « "Estimateur" » au Cours Préparatoire, (2) l'élaboration de la progression Estimation, (3) la mise en œuvre et (4) l'évaluation de l'impact d'un entraînement régulier à l'estimation numérique sur les apprentissages mathématiques.

1.1. Déroulement

Durant l'année 2011/2012, les quatre équipes ont élaboré une progression complète en mathématiques (hors géométrie) qui respecte les instructions du B.O. de 2008, et qui intègre les apports récents de la psychologie et des sciences de l'éducation.

La progression est élaborée de sorte qu'à chaque semaine de l'année scolaire, tous les élèves de CP bénéficient d'1 heure et 15 minutes de mathématique répartie en deux séances (une longue et une courte) pendant quatre jours. Chaque jour, il est ainsi prévu entre 15 et 30 minutes de calcul mental et entre 45 minutes et une heure de calcul situationnel, de résolution de problème ou d'estimation numérique.

Durant l'année 2012/2013, l'expérimentation a été mise en œuvre pour la première fois dans les académies de Rennes, Marseille, Lille et Paris, avec 60 classes expérimentales et 60 classes témoins. Préalablement à l'expérimentation, une formation spécifique à la progression a été apportée à tous les enseignants des classes expérimentales afin de dégager les points essentiels de la progression, faciliter la compréhension des fondements et l'exploitation des outils de la progression. De nombreuses visites en classe ont également été programmées durant l'année pour accompagner

les enseignants. Enfin, une réunion par période était organisée (soit au total 5 réunions sur l'année) afin d'échanger sur les aspects pratiques de la mise en œuvre. Durant cette première année, et afin d'évaluer les effets de cette méthode, un pré-test et un post-test ont été réalisés respectivement en début et fin d'année scolaire.

Précisons enfin que les enseignants qui mettent en œuvre la progression sont également des acteurs de la recherche et qu'ils contribuent par leurs échanges et leurs retours à modifier et à améliorer la progression elle-même.

En 2013/2014, d'autres enseignants ont mis en œuvre la progression et la plupart des enseignants en 2012/2013 ont volontairement décidé de poursuivre la recherche et de mettre en œuvre la progression une seconde fois. Ce sont alors 120 classes expérimentales qui ont participé à l'expérimentation sur les quatre académies concernées.

En 2014/2015, la progression ACE n'est plus en phase expérimentale mais en phase d'essaimage.

1.2. Les activités d'estimation numérique

1.2.1. Adaptation du logiciel

Comme mentionné plus haut, la progression est composée de quatre types d'activités différents. Nous allons développer ici uniquement l'apport de notre équipe de recherche qui concerne l'estimation numérique, le calcul approximatif et la mise en correspondance entre les représentations numériques.

Notre contribution s'articule principalement (mais pas exclusivement) autour du logiciel "Estimateur", initialement conçu pour la rééducation des troubles du nombre et du calcul. Il a donc été adapté afin de correspondre aux exigences et aux objectifs du niveau CP.

Les principales adaptations sont les suivantes :

- *attractivité de l'interface* : couleurs modifiées, ajout d'images ludiques et stimulantes
- *simplification des menus et du paramétrage afin de faciliter l'utilisation par les élèves* : limitation du nombre de menus et de paramètres à sélectionner, simplification langagière, instauration d'un code couleur,
- *programmation d'activités de niveau CP* (pour les nombres, l'addition et la soustraction) pour les nombres compris entre 1 et 100 ;

- *affichage et enregistrement des performances* : barre de progression pour situer rapidement la performance de l'élève selon un seuil de réussite fixé à 70% de bonnes réponses ; enregistrement d'un fichier de résultats pour chaque session ;
- *réponses aux contraintes des salles informatiques de l'Ecole Primaire* : possibilité d'utiliser le logiciel en binôme et ajout d'indicateurs permettant à l'enseignant de suivre chaque élève.

Au final, un logiciel plus attractif et plus ergonomique a été développé afin qu'il soit adapté aux possibilités des enfants de cet âge (Figure 8). Ces modifications ont été retenues après des pré-tests auprès d'enfants de CP.

Durant toute l'année scolaire, l'"Estimateur" est utilisé presque toutes les semaines lors d'une séance longue d'environ 45 minutes. Le choix des exercices (collections, nombres, additions ou soustractions) dépend des autres activités mathématiques réalisées au même moment, des objectifs de l'enseignant et de la progression de chaque élève. Cette progression est suivie notamment avec le Parcours "Estimateur".

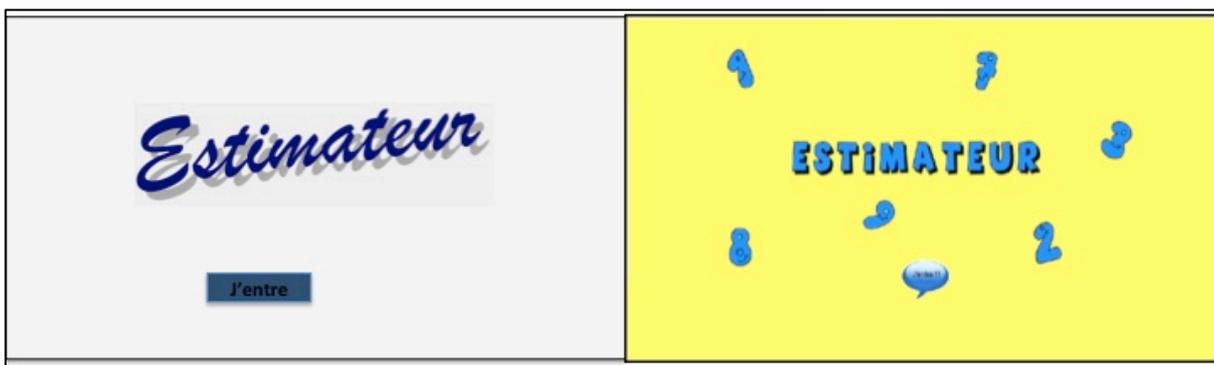


Figure 8. Ecran d'accueil de l'"Estimateur" avant (à gauche) – après (à droite)

1.2.2. Le Parcours "Estimateur", progression individuelle sur le jeu

Pour permettre un parcours individualisé, l'entraînement sur l'"Estimateur" est réalisé de manière progressive et en fonction des possibilités de chaque élève ou binôme. Pour cela, le « Parcours "Estimateur" » comprend un cheminement basique, commun à tous les élèves, qui correspond aux objectifs à atteindre avec le logiciel. En parallèle, plusieurs séances décrochées ou de remédiation sont prévues afin de débloquent les élèves en difficultés et les aider à atteindre ces objectifs.

De ce fait, un parcours est prévu pour chacune des opérations proposées : « Collection », « Nombre », « Addition » et « Soustraction ». Quelle que soit l'activité, on tente d'amener les élèves à faire correspondre un nombre et sa grandeur de la manière la plus précise possible, et sur des nombres de plus en plus grands.

Pour l'option « Collections », l'objectif à atteindre est de situer la numérosité exacte d'une collection de carrés ou le résultat d'une addition (ou d'une soustraction) de carrés. Dans ce cas précis, et uniquement dans ce cas, la ligne numérique est graduée de 1 en 1. Il s'agit pour l'élève de trouver le nombre exact correspondant à la numérosité présentée ou au résultat de l'addition (soustraction) présentée. Pour les options « Nombres », « Additions » et « Soustractions », l'objectif est toujours de situer le plus précisément possible sur la ligne numérique bornée la position correspondant à un nombre ou au résultat d'une addition/soustraction écrite.

Tout au long de l'année, chaque élève chemine sur son Parcours, à son rythme et selon les activités numériques réalisées dans les autres domaines.

1.2.3. Les séances décrochées

Les remédiations proposées sont fonction des difficultés rencontrées par l'élève. C'est l'enseignant qui, au regard de chaque élève, va proposer l'aide qui semble la plus adaptée.

Ainsi, si un élève n'arrive pas à faire le lien entre un nombre et son éventuelle position, on peut faire varier la graduation de la ligne (d'abord une graduation indiquant la moitié entre les deux bornes, puis le quart s'il reste en échec). La graduation devient alors une aide à la réflexion et/ou permet l'autocorrection.

En cas de difficulté dans la lecture des nombres, nous proposons des activités décrochées pour faire travailler la numération (flash-cards, tableaux de nombres, loto, jeux rapides sur ardoises).

Si l'élève surcompte sur la ligne numérique pour trouver la position, il est demandé d'empêcher cette stratégie qui s'avère contre productive puisqu'elle fait échouer l'élève. On peut alors ajouter un *timer* pour forcer une réponse spontanée et rapide. On peut également limiter le nombre de réponses possibles sur la ligne (2 ou 3 par exemple). On insiste enfin au moyen des consignes sur l'activité d'estimation demandée.

Pour terminer, si l'élève ne parvient pas à répondre de manière efficiente, on peut lui proposer des activités papier/crayon pour l'amener à arrondir les nombres, à considérer les nombres comme des longueurs dans un calcul, ... et éventuellement réaliser des séances en classes entières en faisant verbaliser les stratégies de chacun.

1.3. Participants

Nous considérerons ici uniquement les participants à l'expérimentation de 2013/2014 car cela permet : 1) d'évaluer les effets de la progression améliorée suite à une première année de mise en œuvre ; et 2) de prendre en compte l'expertise des enseignants dans la mise en œuvre de la progression (comme variable indépendante).

Au total, lors de la deuxième année d'expérimentation, ce sont 120 classes expérimentales de CP et 120 classes témoins CP qui participent. La moitié des classes sont situées dans des écoles labellisées Réseau de Réussite Scolaire (RRS, ex-RAR), correspondant à des écoles en éducation prioritaire où les inégalités socio-économiques sont fortes.

Notre considérerons, dans un premier temps, uniquement les résultats obtenus dans l'Académie du Nord. Nous avons ainsi 748 élèves répartis en un groupe expérimental (réalisant la progression ACE, n=582) et un groupe témoin (progression habituelle, N=166). Dans le groupe expérimental, 236 élèves étaient scolarisés en milieu RRS où il y a de fortes inégalités socio-économique et les autres en milieu ordinaire. Pour les deux types de milieu, certains enseignants mettaient en œuvre pour la 2^{ème} année consécutive la progression ACE, leur expertise et maîtrise est alors supposée supérieure aux autres enseignants. Le groupe témoin est composé uniquement d'élèves scolarisés en milieu ordinaire (Tableau 1).

	Progression ACE Milieu RRS	Progression ACE Milieu ordinaire	Témoins Milieu ordinaire
1 ^{ère} année d'expérimentation	121	227	166
2 ^{ème} année d'expérimentation	115	119	

Tableau 1. Répartition des participants de l'Académie du Nord dans chaque groupe (expérimental / témoins)

Nous avons également pris en compte les résultats de l'Académie d'Aix-Marseille où certaines classes expérimentales n'ont pas pu mettre en œuvre la progression ACE complète. En effet, pour des raisons matérielles, seules les séances initiales d'entraînement à l'Estimation numérique ont été réalisées (3 séances). Les séances sur l'"Estimateur" n'ont jamais pu être effectuées. Nous avons ainsi un moyen d'étudier les effets de la progression ACE sans les activités d'estimation hebdomadaire et donc d'en vérifier l'intérêt et le rôle (Tableau 2).

Groupe		Milieu RRS	Milieu ordinaire
Groupe expérimental	ACE Avec activités d'estimations	20	133
	ACE Sans activités d'estimations	196	90
Groupe témoins	Progression habituelle	163	193

Tableau 2. Répartition des participants de l'Académie d'Aix-Marseille dans chaque groupe (expérimental / témoins) et en fonction de la réalisation des activités d'estimation

2. Procédure

2.1. Groupe expérimental

Tout au long de l'année scolaire, les élèves du groupe expérimental ont donc suivi la progression ACE qui est composée de diverses activités en lien avec les hypothèses développées plus haut (calcul mental, résolutions de problèmes, situations de calcul) et d'une séance hebdomadaire de 45 mn avec un programme informatique (le logiciel "Estimateur") pour exercer l'estimation numérique et les correspondances entre représentations symboliques et non symboliques.

Les séances avec l'"Estimateur" ont lieu la plupart du temps en binôme dont le niveau est relativement homogène. En fonction du programme et des activités que l'enseignant souhaite réaliser durant la séance, chaque élève dispose de son Parcours individuel pour l'"Estimateur" et sait exactement ce qu'il doit faire. Les échanges entre binôme sont autorisés et permettent parfois de débloquer certains élèves car ils partagent une même compréhension de l'activité et un langage commun.

Les classes de l'académie de Marseille ont réalisé la progression ACE mais n'ont pas eu la possibilité de travailler sur l'"Estimateur" pour des raisons matérielles. Ils ont donc réalisé la progression complète sans effectuer les activités de mise en correspondance entre les représentations avec l'"Estimateur".

2.2. Groupe contrôle

Le groupe contrôle suit la progression mathématique habituelle de leur enseignant. Les progressions sont la plupart du temps issues d'outils pédagogiques tels que « Cap Math » ou « Ermel » présentés plus haut. Ils ne sont pas informés du contenu de la progression ACE, ni du contenu des pré- et post-tests afin de ne pas influencer leurs pratiques habituelles et ne pas modifier leur progression. Il leur est demandé explicitement de faire comme ils ont l'habitude de faire chaque année.

2.3. Mesures

Tous les élèves sont évalués au début et à la fin de l'année scolaire au moyen d'un Test de Connaissance Mathématique (TCM) qui est composé de plusieurs épreuves arithmétiques (calcul mental, problèmes verbaux, calcul et comparaisons) et d'une tâche de *mapping* numérique. Le TCM contient des épreuves communes aux pré- et post-test et des épreuves différentes qui sont fonction des possibilités des élèves en début d'année. Nous n'allons donc pas comparer directement l'évolution du score brut au TCM en début et fin d'année. La passation du TCM, administré par des expérimentateurs entraînés, est d'environ 45 à 60 minutes en fonction de la gestion de classe. Les consignes, ainsi que les règles de notation, sont définies *a priori* et appliquées de la même manière dans chaque académie.

La tâche de *mapping* numérique comprend 12 items. Il s'agit de 12 lignes numériques horizontales de 15 centimètres allant de 0 à 30 (6 items) et de 0 à 100 (6 items). Sur chaque ligne, quatre repères sont indiqués. Les élèves doivent entourer le repère qui correspond d'après eux à la position du nombre cible de la ligne. Ce nombre est énoncé à l'oral mais il est également écrit devant chaque ligne.

Les nombres cibles sont : 24, 16, 8, 20, 10, 4 sur 0 à 30 et 35, 82, 54, 14, 68 et 40 sur 0 à 100. Pour chaque ligne, les élèves ont 15 secondes pour entourer la réponse. Au préalable, un item d'exemple est réalisé au tableau.

Sur chaque ligne, un repère correspond à la position exacte du nombre cible et les trois autres sont des positions inexactes situés à plus de 15% d'écart de la réponse exacte. L'ordre du repère correct est contrebalancé afin de contrôler les persévérations. Les nombres cibles ont également été soigneusement choisis afin qu'il y en ait autant sur chaque moitié de la ligne. On

comptabilise un point par bonne réponse mais on obtient pour cette épreuve un score total ramené à 10. L'absence de réponse est comptabilisée comme une erreur.

La tâche de *mapping* numérique n'est pas réalisée en pré-test car, *a priori*, il n'y a pas de raison de penser que les performances initiales à cette tâche sont différentes en fonction des élèves.

Nous nous attendons à un effet global de la progression ACE avec des performances au TCM significativement supérieures en fin d'année scolaire dans le groupe expérimental comparativement au groupe contrôle. Nous attendons également que cet effet soit observé aussi bien dans les classes en milieu ordinaire que dans les classes en Réseau Réussite Scolaire. Le score à la tâche de *mapping* devrait également être supérieur pour le groupe expérimental, tant pour les élèves scolarisés en milieu ordinaire qu'en milieu RRS.

Nous prévoyons également que les performances au TCM et à la tâche de *mapping* soient supérieures dans le groupe expérimental de l'Académie de Lille qui a bénéficié des séances d'entraînement à l'"Estimateur" comparativement au groupe expérimental de l'Académie de Marseille qui n'a pas pu les réaliser.

Enfin, pour terminer, nous nous attendons à observer un effet de l'expertise des enseignants selon qu'ils mettent en œuvre la progression pour la première fois ou la seconde fois. En effet, la charge de travail pour l'enseignant est plutôt conséquente pour mettre en œuvre la progression dans sa classe. Il doit comprendre les fondements des activités et se les approprier pour les exploiter en classes. De plus, les documents mis à disposition des enseignants étant en évolution constante, un important travail d'adaptation leur était demandé sans pour autant avoir (durant la première année d'expérimentation) une vision globale de la progression et des compétences développées. Nous avons alors constaté que tous les enseignants qui ont mis en œuvre la progression pour la 2^{ème} année consécutive se sont sentis nettement plus en confiance, et ce pour différentes raisons : ils avaient une vision à long terme de la progression, étaient plus libres dans sa réalisation, avaient un travail moins conséquent de lecture et de compréhension des activités et disposaient d'une première expérience de la progression qui facilitait sa reconduction. Ainsi, partant de l'observation que la première année est une année difficile, qui mobilise non seulement beaucoup les enseignants mais qui les contraint à « abandonner » leur pratique habituelle, nous nous attendons à observer un effet d'expertise des enseignants sur les performances au TCM et à la tâche de *mapping*.

3. Résultats

3.1. Effets généraux de la progression ACE

3.1.1. Enseignants en première et deuxième année d'expérimentation sans distinction

Pour évaluer l'effet de la progression ACE sur les performances, nous avons analysé les résultats des groupes expérimentaux de l'Académie du Nord et d'Aix-Marseille qui ont réalisé la progression complète ($n=735$) ainsi que ceux des groupes témoins ($n=516$). On ne trouve aucune différence significative entre les deux groupes dans les résultats au TCM en début d'année scolaire ($p>.05$). Les performances mathématiques initiales sont donc équivalentes dans les deux groupes.

Pour mesurer les effets de la progression ACE, nous avons comparé les performances au TCM en fin d'année scolaire pour chaque groupe (Figure 9). On observe une différence significative entre les deux groupes ($t(1249)=8,332$; $p<.001$). Les résultats indiquent que les performances au TCM en fin d'année sont supérieures pour le groupe ACE ($M=53,6$) comparativement au groupe contrôle ($M=43$).

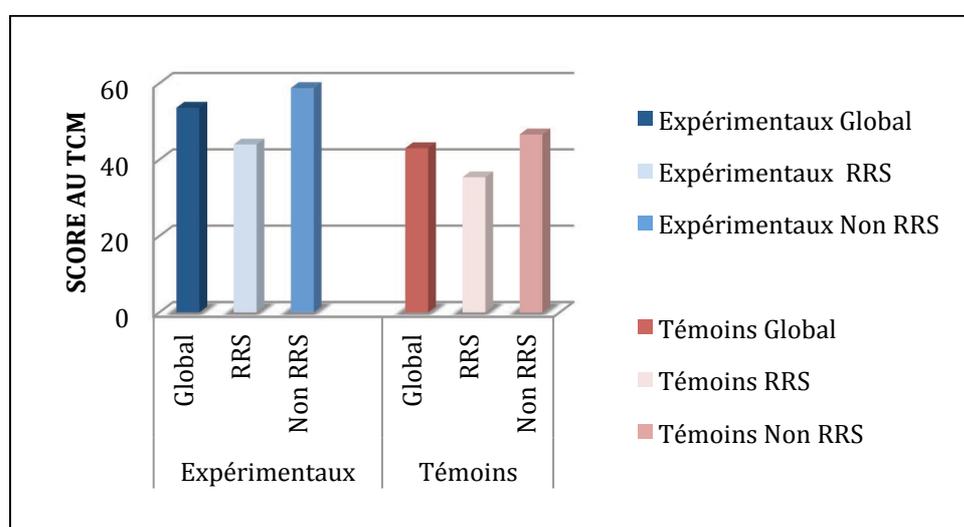


Figure 9. Score moyen au TCM en fin d'année scolaire pour chaque groupe et selon le milieu (RRS ou non RRS – ordinaire)

De la même manière, les performances obtenues en fin d'année à la tâche de *mapping* sont supérieures ($t(1249)=14,308$; $p<.,001$) pour le groupe ACE ($M=6,72$) par rapport au groupe contrôle ($M=5,21$). La représentation des nombres et la mise en correspondance entre un nombre et sa grandeur semble donc plus précise pour le groupe expérimental.

Nous nous intéressons maintenant aux effets de la progression ACE sur les performances mathématiques en fin d'année selon les zones d'éducation (milieu RRS ou ordinaire). Comme prévu, l'analyse révèle qu'en milieu ordinaire, le groupe expérimental ($M=58,75$) a de meilleures performances au TCM en fin d'année ($t(830)= 8,161$, $p<.,001$) que le groupe contrôle ($M=46,6$). De même, les performances à la tâche de *mapping* sont supérieures pour ce groupe ($t(830)= 11,356$, $p<.,001$).

On retrouve le même résultat pour les classes scolarisées en RRS : les performances au TCM sont supérieures ($t(417)=4,10$, $p<.,001$) pour le groupe expérimental ($M=43,97$) comparativement au groupe contrôle ($M=35,38$). Là aussi, la tâche de *mapping* est mieux réussie pour le groupe expérimental ($t(417)= 9,686$, $p<.,001$).

Enfin, on constate qu'il n'y a pas de différence significative entre le groupe témoin en milieu ordinaire et le groupe expérimental RRS sur les performances mathématiques au TCM ($t(607)=-1,523$, $p=.,12$). En revanche, une différence significative en faveur du groupe expérimental existe entre ces groupes dans la réussite à la tâche de *mapping* ($t(417)=5,572$; $p<.,001$)

Comme nous l'avons souligné plus haut, partant du principe que la première année est plus difficile à mettre en oeuvre pour les enseignants car le programme est nouveau et atypique, nous comparons les résultats au TCM et à la tâche de *mapping* selon l'année d'expérience de l'enseignant.

3.1.2. Effets de l'expertise de l'enseignant sur la progression

Pour cette analyse, nous comparons uniquement les performances des participants de l'Académie de Lille puisque certains ont réalisé la progression pour la première fois en 2013/2014 et d'autres pour la seconde année consécutive.

Dans un premier temps, nous avons comparé les enseignants en milieu ordinaire du groupe expérimental ACE qui ont mis en oeuvre la progression pour la première année en 2013/2014 à ceux pour qui il s'agit de la seconde année. Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de différence significative sur les performances au TCM ($t(344)= 0,797$; $p=.,426$) ainsi qu'à la tâche de *mapping* ($t(344)= 1,655$; $p=.,091$) entre les deux groupes d'enseignant. Il n'y a donc pas d'effet « d'expertise » de la progression ACE sur les performances mathématiques des élèves scolarisés en milieu ordinaire.

Ensuite, nous avons réalisé la même analyse chez les enseignants en milieu RRS. Les résultats montrent une différence significative ($t(234) = -1,936$; $p < .05$) sur les performances au TCM entre la 1^{ère} année de mise en oeuvre ($M = 40,1$) et la seconde année ($M = 45,5$). Ainsi, l'expérience de l'enseignant dans la mise en oeuvre de la progression semble nuancer les effets sur les performances mathématiques lorsqu'il s'agit d'un enseignement en milieu RRS. Il n'y a en revanche pas de différence significative à la tâche de *mapping*, ($t(234) = 0,674$; $p = .501$).

En résumé, les performances mathématiques évaluées par le TCM en fin d'année scolaire sont meilleures si l'enseignement est basé sur la progression ACE complète comparativement à un enseignement classique. Cela est indépendant de la zone d'éducation. De plus, les élèves expérimentaux RRS réussissent à atteindre un niveau non significativement différent de celui des témoins en milieu ordinaire. Cela signifie que la progression ACE permet aux élèves scolarisés en milieu RRS d'atteindre le niveau de réussite mathématique des enfants scolarisés en milieu ordinaire.

De plus, l'expertise de l'enseignant dans la progression ACE semble également jouer un rôle dans les effets de la progression sur les performances mais uniquement quand il s'agit d'élèves scolarisés en milieu RRS.

L'ensemble de ces résultats est extrêmement intéressant au niveau des apports de la progression ACE. Toutefois, ils ne permettent pas de répondre aux questions liées à l'intérêt d'un entraînement systématique aux activités d'estimation et à la mise en correspondance entre les différentes représentations.

3.2. Evaluation du rôle spécifique de l'entraînement à l'estimation numérique

Notre objectif est ici de vérifier si un entraînement hebdomadaire à l'estimation numérique dans le programme d'enseignement de CP est nécessaire à la réussite en mathématique obtenue par la progression ACE. Nous disposons pour cela de résultats au TCM obtenus dans des classes qui n'ont pas pu utiliser l'"Estimateur". Nous pouvons ainsi étudier les effets sur les performances mathématiques en fin de CP :

- de la progression ACE complète,
- de la progression ACE sans les activités d'estimation ("Estimateur")
- des progressions typiques (groupe témoin).

L'examen rapide du Tableau 3 semble indiquer un effet différencié de la progression ACE selon qu'elle inclue ou non l'entraînement à l'"Estimateur". En effet, les performances mathématiques en fin d'année scolaire sont supérieures si cet entraînement a été réalisé. De plus, cet effet semble exister pour les deux types de milieu scolaire.

<i>Groupe</i>	<i>"Estimateur"</i> ?	<i>Milieu</i>	<i>Moyenne au TCM /40</i>	<i>Score tâche de mapping</i>	<i>N=</i>
Expérimental	Oui	Ordinaire	23,55	6,89	478
		RRS	18,46	6,37	256
	Non	Ordinaire	20,35	6,31	96
		RRS	17,66	5,74	196
Témoins		Ordinaire	18,5	5,5	353
		RRS	14,19	4,48	163

Tableau 3. Score moyen au TCM et à la tâche de *mapping* selon le groupe

On notera qu'il existe une différence significative de performance entre les deux groupes expérimentaux (avec et sans "Estimateur") au pré-test. En effet, le groupe expérimental qui n'a pas réalisé les activités d'estimation (Marseille) obtient des performances significativement plus élevées au pré-test que le groupe expérimental qui a réalisé la progression complète (KW=11,690 ; $p < .,05$). Comme nous allons le voir, cette différence initiale vient renforcer les effets observés au post-test.

3.2.1. Effet global de l'entraînement à l'estimation

Nous avons comparé dans le groupe expérimental le score au TCM en post-test de ceux qui ont réalisé la progression ACE complète (avec l'entraînement hebdomadaire à l'estimation) à ceux qui ont réalisé la progression ACE sans les activités d'estimation (Figure 10). Les conditions d'application du test paramétrique ne sont pas réunies, nous avons alors utilisé un test non-paramétrique. L'analyse statistique révèle un effet significatif sur les performances au TCM ($U=115\ 465,5$; $p < .,05$). Le groupe qui a réalisé la progression ACE complète a de meilleures performances ($M= 53,6$) par rapport à l'autre groupe ($M= 50,77$). Les performances à la tâche de *mapping* sont également meilleures dans le groupe expérimental avec les activités d'estimation ($t(1025)=6,953$; $p < .,001$).

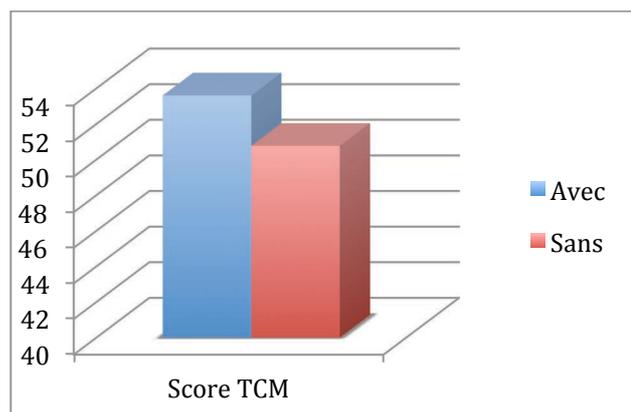


Figure 10. Score moyen au TCM pour le groupe expérimental selon qu'il ait ou non réalisé l'entraînement hebdomadaire à l'estimation numérique.

Ainsi, ne pas bénéficier durant l'année de CP des activités d'entraînement à l'estimation numérique semble atténuer les effets positifs de la progression ACE sur les performances mathématiques.

Il nous semble intéressant d'analyser ensuite si cet effet existe pour les deux types de milieu scolaire.

3.2.2. Effets spécifiques de l'entraînement selon le milieu scolaire

Nous avons d'abord comparé les scores obtenus au TCM et à la tâche de *mapping* pour les élèves en milieu ordinaire selon qu'ils aient ou non réalisé la progression ACE complète. L'analyse révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes ($t(572)=1,012$; $p=,32$). En revanche, nous obtenons une différence significative sur les performances à la tâche d'estimation entre les deux groupes expérimentaux scolarisés en milieu ordinaire ($t(572)= 3,320$; $p<,001$).

Nous avons ensuite réalisé la même analyse sur les élèves scolarisés en milieu RRS. On trouve un effet significatif pour le groupe qui a réalisé la progression ACE complète sur les performances mathématiques au TCM ($t(450)= 1,993$; $p<,05$). Il y a également un effet de ce groupe sur les performances à la tâche de *mapping* ($t(450)= 3,978$; $p<,001$).

Etant donné ces résultats, nous pouvons dire qu'un entraînement régulier et hebdomadaire à l'estimation numérique est une valeur ajoutée à la progression mathématique de CP. De plus, cet entraînement semble particulièrement bénéfique pour les élèves scolarisés en milieu RRS.

3.2.3. Analyse de la précision des estimations

Les résultats issus de l'année d'expérimentation 2012/2013 nous permettent d'apporter une information supplémentaire. L'évaluation des performances mathématiques en début et fin d'année scolaire se faisait également à l'aide du TCM excepté pour la tâche de *mapping* qui était légèrement différente. On demandait alors aux élèves de marquer par un trait la position d'un nombre cible sur une ligne de 15 centimètres graduée de 0 à 30 ou 0 à 100. Cet exercice, très proche de ceux de l'"Estimateur", nous permettait alors d'évaluer la précision des estimations en mesurant la distance (en centimètres) entre la cible et la réponse. Nous avons déjà observé alors les mêmes effets lors de la première année d'expérimentation (2012/13) que ceux de la seconde année 2013/14, à savoir un effet du groupe expérimental ACE versus témoin ainsi qu'un effet de ACE avec "Estimateur" versus sans "Estimateur".

Pour l'année 2012/13, nous avons calculé pour chaque groupe l'écart moyen aux quatre items à la tâche d'estimation (cf. Tableau 3). Ainsi, plus la distance moyenne de la cible est élevée, plus l'écart est important et l'estimation moins précise.

En observant le Tableau 4, nous constatons : 1) que le groupe ACE répond de manière plus précise que les autres groupes ; 2) le groupe contrôle présente les performances les moins précises ; 3) le groupe ACE sans Estimation RRS (Marseille) répond de manière aussi précise que le groupe contrôle RRS et 4) les classes RRS qui ont réalisé la progression ACE répondent moins précisément que les classes en milieu ordinaire.

La distance moyenne de la cible n'est pas statistiquement différente pour le groupe ACE (Lille) en milieu RRS comparativement à celui en milieu ordinaire ($U=12\ 029$, $p=.,67$). En revanche, la distance moyenne est significativement plus élevée pour le groupe ACE scolarisé en milieu RRS qui n'a pas réalisé l'entraînement à l'Estimation (Marseille) par rapport au groupe ACE avec Estimation en milieu RRS ($U=18\ 324$; $p<.,001$). Ainsi, la représentation des nombres est moins précise pour ceux qui n'ont pas bénéficié de l'entraînement hebdomadaire à l'estimation et qui sont scolarisés en milieu RRS.

Groupe	Distance moyenne de la cible (Tâche de <i>mapping</i>)
ACE (Lille)	22,3
ACE RRS (Lille)	24,4
ACE sans Estimation RRS (Marseille)	* 26,6
Contrôle (Lille)	28
Contrôle RRS (Lille)	26,6

Tableau 4. Distance moyenne à la tâche de *mapping* en fonction du groupe et comparaison significative

4. Discussion

La progression ACE est une progression innovante dans l'enseignement des mathématiques du CP. Elle tient compte des apports expérimentaux de la psychologie cognitive du développement, des sciences de l'éducation et de la didactique des mathématiques. L'une de ses principales innovations réside dans l'intégration d'un entraînement hebdomadaire à l'estimation numérique, supposée améliorer le « sens du nombre » et la représentation des nombres. Ce type de compétence est reconnu dans la littérature comme fortement lié à la réussite mathématique ultérieure puisqu'il permet de construire des apprentissages solides pourvus de signification.

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets de cette progression sur les performances mathématiques en fin d'année de CP mais surtout de tenter de dégager l'intérêt spécifique de l'entraînement à l'estimation.

Les résultats révèlent des effets bénéfiques de la progression ACE sur les performances mathématiques des élèves en fin de CP. En effet, alors qu'il n'y a pas de différence entre les élèves des classes expérimentales et témoins au début de l'année, les performances des classes expérimentales qui ont suivi la progression ACE en fin d'année sont significativement supérieures à celles des classes témoins qui ont suivi les méthodes habituelles (« Cap Math », « Ermel », ...). Les capacités de *mapping* entre représentations sont également améliorées pour les participants du groupe ACE. Ces résultats sont en accord avec les données issues de la littérature (Hyde et al., 2014 ; Obersteiner, Reiss et Ufer, 2013 ; Park et Brannon, 2013 ; Siegler et Ramani, 2008 ; Wilson, Dehaene, Dubois et Fayol, 2006). Un entraînement spécifiquement basé sur la mise en

correspondance entre les représentations permet d'améliorer les habiletés mathématiques symboliques et exactes. De même, cela permet d'améliorer l'acuité numérique. Toutefois, aucune étude à notre connaissance n'avait injectée ce type d'entraînement dans le programme scolaire mathématique en CP. Nos résultats indiquent que ce type d'entraînement est pertinent et peut se mettre en oeuvre en classe de CP. Bien entendu, les activités d'estimation ne font pas tout et on ne peut nier l'importance des autres activités numériques présentes dans la progression ACE.

Les élèves des classes ACE scolarisés en milieu RRS obtiennent des performances mathématiques en fin d'année qui sont supérieures à celles des élèves du groupe témoin scolarisé en milieu ordinaire. Ainsi, la progression ACE et l'entraînement à l'estimation permettent de réduire les écarts liés aux inégalités socio-économiques. Etant donné le poids non négligeable de ces inégalités en début de scolarisation (au niveau des compétences et de l'accès aux moyens comme les jeux de plateaux), ce résultat a des implications très importantes (Ramani et Siegler, 2008 ; 2009).

Enfin, le niveau d'expérience des enseignants ACE est une variable à considérer puisque les performances des élèves dont les enseignants mettent en oeuvre la progression pour la seconde année consécutive sont meilleures, tout au moins lorsqu'il s'agit d'élèves scolarisés en milieu RRS.

Cette recherche permet de développer plusieurs constats que nous allons détailler successivement.

4.1. Dédramatiser l'enseignement des mathématiques

Le premier constat est que les professeurs sont souvent mal à l'aise pour enseigner les mathématiques, comparativement à l'apprentissage de la lecture ou de l'écriture par exemple. Il semble qu'ils se sentent moins compétents, ou plus en difficulté dans ce domaine que dans les autres. Comme nous l'avons vu plus haut, plusieurs programmes ou manuels existent et permettent de guider les enseignants et de les rassurer. Toutefois, nos résultats montrent que les manuels et progressions habituellement utilisés ne permettent pas de développer au mieux les compétences mathématiques des élèves. En effet, comparativement aux classes qui suivent ces méthodes, les élèves progressent davantage avec la méthode ACE. Ces méthodes, bien que respectant les instructions officielles de 2008, sont basées pour la plupart sur des principes d'enseignement qui ne tiennent pas (ou peu) compte des avancées de la recherche. Il n'existe que peu de méthodes qui prennent en compte les résultats des recherches menées en psychologie du développement ou en sciences de l'éducation. Les apports principaux de la progression ACE sont la pratique répétée du

calcul mental, un travail intense de composition/décomposition des petits nombres pour un transfert de procédures aux grands nombres, la pratique du recodage sémantique en situation de résolution de problèmes et la familiarisation avec les différents systèmes de représentations et leur mise en correspondance par l'intermédiaire de l'estimation. L'ensemble de ces éléments, appuyés par des résultats scientifiques, contribue aux différences de performances mathématiques observées dans notre étude. Les élèves sont à la fois acteurs et chercheurs de leurs apprentissages (tout comme les enseignants) et bénéficient d'un enseignement complet et en lien avec leurs possibilités et leur fonctionnement.

Certains de ces éléments sont toutefois à nuancer. La progression ACE présente à la fois l'avantage et le biais de mettre l'accent sur l'enseignement des mathématiques. D'autres programmes de recherche se sont attachés à l'enseignement de la lecture par exemple mais il n'en existe pas de spécifique aux mathématiques, ce qui rend cette recherche novatrice. Néanmoins, en mettant l'accent sur les mathématiques, on provoque forcément un investissement différent de la part des enseignants. Ces derniers rapportent d'ailleurs qu'ils passent plus de temps à faire des mathématiques en classe que ce qu'ils font habituellement au CP. Il semblerait donc que les enseignants ACE passent plus de temps à faire des mathématiques en classe et passent également plus de temps à préparer les séances en amont. Il convient donc de relativiser les résultats obtenus par une différence possible dans les durées d'enseignement de la matière et dans l'implication des enseignants. Toutefois, quand on s'intéresse aux enseignants qui utilisent la progression ACE pour la 2^{ème} année consécutive, on constate des effets encore plus importants sur les performances en fin d'année. Ainsi, même avec une diminution de l'engouement et de l'investissement après la 1^{ère} année de réalisation, les enseignants (sans doute plus à l'aise et avec une représentation complète sur l'année de la progression) réussissent encore à améliorer les performances de leurs élèves.

4.2. Réduire les inégalités socio-économiques

Le second constat est qu'il est possible de réduire les écarts de performances entre les élèves selon leur rattachement ou non à une zone d'éducation prioritaire. Nos résultats montrent que les élèves scolarisés en milieu RRS qui ont bénéficié d'un enseignement basé sur ACE ont de meilleures performances en fin d'année que le groupe témoin équivalent. De plus, en fin d'année, ces élèves atteignent le niveau des élèves témoins scolarisés en milieu ordinaire. Il est donc

possible, avec un enseignement différent de réduire les inégalités liées aux différences socio-économiques des familles et des zones d'éducation. A quoi ce résultat peut-il être lié ?

Plusieurs éléments de discussion peuvent être apportés. Les élèves ACE issus d'écoles RRS réalisent un programme basé sur les connaissances en psychologie du développement sur les habiletés numériques chez les enfants. Ce programme est donc adapté aux compétences des élèves et à leurs possibilités d'évolution. L'enseignement ACE est véritablement axé sur la compréhension et l'intégration des différentes représentations numériques dans l'apprentissage des nombres et du calcul. On peut émettre l'hypothèse qu'il permet une meilleure compréhension des concepts et des stratégies de résolutions des calculs. Les enseignants prennent plus de temps pour automatiser les savoirs de base afin de faciliter un transfert sur les savoirs plus complexes (notamment en taille des nombres). De plus, les élèves sont acteurs et chercheurs de leurs propres savoirs par l'intermédiaire de situations stimulantes et valorisantes. Enfin, par la pratique d'activités ritualisées et évolutives, les élèves peuvent se centrer uniquement sur le développement de leurs compétences, sans que la compréhension de la situation viennent parasiter ce dernier. Tous les élèves peuvent se trouver en situation de réussite grâce à une différenciation sur plusieurs activités. Nous pensons que l'ensemble de ces paramètres peut jouer un rôle dans l'amélioration des habiletés mathématiques en fin d'année de CP chez les élèves ACE.

La réduction des inégalités est un argument fort en faveur de la progression ACE puisque c'est un des objectifs essentiel visé par le Ministère de l'Éducation National aux vues des résultats des évaluations nationales et internationales (IVQ, 2011 ; PISA, 2013). Nous continuons actuellement d'optimiser la progression ACE dans ce sens.

Reste à savoir à quel point cette réduction des inégalités perdure dans le temps. Est-il nécessaire pour ces élèves de suivre tout au long de la scolarité primaire une progression mathématique de ce type ? Quels sont les effets à moyen terme de cette progression en terme de compétences ? Est-ce que cela se fait au détriment d'autres matières pour les élèves scolarisés en milieu défavorisé ? Il serait réellement intéressant d'observer à quel point ces effets s'avèrent bénéfiques à long terme, ou quels sont les changements que cela provoque chez les élèves au niveau de leur attitude générale d'apprenant. Une hypothèse serait que les élèves sont plus impliqués dans les apprentissages, et qu'ils conservent une attitude générale de recherche, et de questionnements que ce qui est enseigné.

4.3. L'expertise de l'enseignant et la connaissance de ce qu'il enseigne

Le troisième constat concerne le niveau d'expérience des enseignants et la connaissance de ce qu'il enseigne. Nous avons constaté que la majorité des enseignants ne sont pas à l'aise dans l'enseignement des mathématiques. L'image controversée de la discipline se retrouve également au niveau de ceux qui l'enseignent en primaire. Avec la progression ACE, les enseignants suivent une formation intensive sur les grands principes de la méthode. Ainsi, ils connaissent les principes théoriques sous-jacents. Régulièrement, des réunions sont organisées entre les enseignants pour parler des difficultés, trouver des solutions ou des stratégies. Ces réunions et la cohésion entre les enseignants qui en découle participe également de manière conséquente aux effets observés sur les performances mathématiques des élèves. Ces échanges s'avèrent précieux et primordiaux, ils sont une des forces de la progression ACE.

La connaissance de ce qui est enseigné augmente avec les années de pratique de la méthode. Nos résultats indiquent un effet différencié de la progression ACE selon les années d'utilisation de la méthode. Par l'intermédiaire d'un questionnaire, nous avons pu constater que la mise en oeuvre de la progression ACE avait radicalement changé leur façon de concevoir l'enseignement des mathématiques. Ils décrivent avoir des éléments théoriques et pratiques qui leur permettent de comprendre ce qu'ils enseignent, pourquoi ils l'enseignent, et comment l'enseigner. De fait, les enseignants qui ont mis en oeuvre deux années consécutives la progression se sentent davantage compétents et appréhendent mieux la progression. Ils comprennent sans doute mieux les objectifs des différentes activités et se sentent plus à l'aise dans leur mise en oeuvre. C'est la combinaison de tous ces paramètres qui permet vraisemblablement aussi d'optimiser les effets de la progression ACE et d'améliorer encore les performances des élèves. L'impact de la progression sur les enseignants fait actuellement l'objet d'investigations plus approfondies.

4.4. Faut-il instaurer un entraînement systématique à l'estimation numérique en classe de CP ?

Dans la seconde partie de l'analyse, nous avons pris en compte les participants du groupe expérimental qui ont bénéficié de la progression ACE sans réaliser l'entraînement à l'estimation. Lors du pré-test, nous avons constaté que le groupe qui a réalisé la progression ACE sans les activités d'estimation avait de meilleures performances en mathématiques. Au post-test, les résultats indiquent que dans le groupe ACE avec Estimation, les performances mathématiques en fin d'année sont significativement supérieures à celles du groupe ACE sans estimation d'abord puis à celles du

groupe contrôle. Ainsi, la mise en correspondance entre les représentations par l'intermédiaire des activités sur l'"Estimateur" semble importante et pertinente pour l'acquisition des compétences numériques. Cet effet est d'autant plus important que le groupe expérimental qui a bénéficié de la progression avec les activités d'estimation avait un niveau en mathématique initialement plus faible que l'autre groupe.

Le groupe expérimental ACE avec Estimation et scolarisé en milieu RRS a des performances en mathématiques similaires à celles du groupe témoin tandis que le groupe expérimental ACE sans estimation a des performances légèrement inférieures. Ainsi, l'entraînement hebdomadaire à l'estimation participerait également à la réduction des effets liés aux inégalités socio-économiques. Ces résultats sont donc des arguments en faveur de l'intérêt de l'entraînement à l'estimation pour l'acquisition des compétences et pour la réduction des inégalités. Cette activité pourrait être un moyen de se rapprocher de l'égalité des chances à l'école élémentaire au niveau de l'enseignement des mathématiques.

Nous avons vu en introduction que les capacités de mises en relation des différentes représentations, ainsi que les habiletés d'estimation numérique, sont en lien avec les performances mathématiques ultérieures. Pour la plupart des auteurs, l'aspect sémantique du nombre est contenu dans le code analogique et sa connexion avec le nombre oral ou écrit permet d'en améliorer la compréhension et la représentation. Ainsi, par l'intermédiaire de l'estimation, la mise en correspondance permet de redonner du sens aux nombres et aux calculs en parallèle des autres apprentissages. Cet entraînement systématique permet de soutenir les apprentissages formels et de mieux les ancrer.

Hyde, Khanum et Spelke (2014) ont montré un effet bénéfique d'un bref entraînement à l'approximation non-symbolique sur les performances en arithmétique exacte et symbolique chez les enfants de 6-7 ans. Toutefois, leur entraînement est basé essentiellement sur la représentation analogique tandis que nous sollicitons la mise en correspondance entre les représentations, ce qui nécessite l'activation de l'ANS. Nous pensons qu'un tel entraînement est important mais ne suffit pas pour donner du sens aux symboles numériques et aux calculs. Il paraît important, au long des apprentissages de mettre en lien les symboles et les grandeurs de manière systématique, afin de développer leurs représentations conjointement aux autres acquisitions.

L'objectif de notre recherche n'était pas de montrer que cet entraînement est l'outil pédagogique indispensable aux apprentissages numériques mais plutôt qu'il est un outil nécessaire, bien que non suffisant à lui seul pour développer les compétences mathématiques. Nos résultats

sont en faveur de cette hypothèse puisque la progression ACE complète (i.e. avec les activités d'estimation) permet une augmentation significativement plus importante des performances en fin d'année de CP comparativement à un enseignement dénué de ces activités. Toutefois, la réalisation de ces activités n'est évidemment pas suffisante pour apprendre les concepts et la résolution de problèmes ; mais elle permet d'en améliorer la compréhension et le sens. C'est d'ailleurs également la pratique des activités de dénombrement et de calcul qui viennent, à leur tour, renforcer les habiletés d'estimation numérique (Booth et Siegler, 2004 ; Siegler et Opfer, 2003 ; Vilette, 2008). En revanche, l'intégration de ces activités dans le programme d'enseignement semble pertinente et judicieuse, notamment au CP où l'écrit numérique commence à prendre une place prépondérante et doit être rattaché à son analogue non-symbolique pour être compris. Le CP est une année charnière où les apprentissages numériques de bases sont réalisés et où les trois types de représentations doivent être mises en relation. L'utilisation d'un outil comme l'"Estimateur" pour solliciter la mise en correspondance de ces représentations et redonner du sens aux mathématiques semble faire ses preuves ici. Les situations stimulantes et progressives qui y sont proposées permettent un apprentissage progressif et individualisé qui reste motivant pour les élèves. Ces résultats ont fait l'objet d'une communication orale au 28^{ème} Congrès International de Psychologie Appliquée (ICAP) en juillet 2014.

Etant donné les implications fortes de ce type d'entraînement auprès des élèves scolarisés en milieu RRS, et donc plutôt défavorisés, on peut aisément émettre l'hypothèse de l'intérêt de cet outil pour limiter le décrochage scolaire des élèves. Cette question fait actuellement l'objet de nouvelles recherches.

Enfin, des analyses antérieures réalisées lors de la première année de mise en oeuvre apportent un résultat supplémentaire. La précision des estimations (indicateur important de la représentation des nombres) est meilleure pour le groupe qui a réalisé la progression ACE complète par rapport au groupe contrôle. Il n'y a pas de différence en fonction du milieu de scolarisation. De plus, les participants du groupe expérimental sans Estimation et scolarisés en milieu RRS sont significativement moins précis dans leurs estimations que ceux du groupe expérimental avec Estimation en milieu RRS. En effet, le groupe sans Estimation est aussi précis que le groupe contrôle. Ce type d'entraînement semble donc tout à fait pertinent pour améliorer la représentation des nombres chez les enfants scolarisés en milieu RRS.

5. Conclusion

Au final, l'ensemble de nos résultats tend à montrer qu'une pratique régulière de la mise en correspondance entre représentations durant l'année de CP est importante pour la réussite des apprentissages mathématiques élémentaires. De plus, ce type d'entraînement semble aider les élèves dont le niveau socio-culturel est plus défavorisé.

Nys, Ventura, Fernandes, Querido, Leybaert et Content (2013) ont montré que la scolarisation et les apprentissages numériques exacts jouent un rôle dans l'augmentation de la précision de l'ANS. Ainsi, les apprentissages exacts et symboliques habituellement réalisés permettraient déjà d'améliorer l'acuité du « sens du nombre ». Notre étude montre toutefois qu'il est possible, en ajoutant des activités sollicitant l'ANS d'améliorer encore davantage cette acuité.

C'est entre autre la sollicitation répétée et constante de l'ANS par une activité de mise en correspondance entre les représentations qui participe à l'amélioration des compétences arithmétiques en fin d'année. Si cet entraînement n'est pas nécessairement indispensable ni suffisant, nous défendons l'idée qu'il devrait être intégré dans les progressions mathématiques car il permet de donner du sens aux nombres et aux calculs, notamment pour les enfants scolarisés en milieu défavorisés.

Il serait néanmoins nécessaire d'étudier les effets seuls des activités d'entraînement à l'estimation numérique en CP comparativement aux effets de la progression ACE. Cela permettrait de préciser si l'instauration systématique de telles activités permet déjà, à elle seule, d'améliorer les compétences en mathématiques ou si les résultats sont dépendants de la coordination de l'ensemble des activités de la progression ACE. De même, nous pourrions à l'avenir utiliser une autre tâche de *mapping* en post-test comme par exemple une tâche de *matching-to-sample* qui permettrait de s'assurer que les effets sont liés aux processus et non à l'activité en elle-même. Toutefois, l'épreuve utilisée actuellement est différente de ce qui est réalisé dans la progression puisqu'il s'agit d'un *mapping* à choix.

Les travaux présentés jusqu'ici ont porté sur des enfants tout-venant de CP. Mais qu'en est-il pour les enfants au développement atypique ? Nous avons évoqué rapidement la place du langage dans les apprentissages mathématiques. Que se passe-t-il auprès d'enfants dont les capacités langagières sont déficitaires ? On peut supposer que les méthodes d'apprentissages classiques, basées sur les représentations exactes et symboliques des nombres ne permettent pas aux enfants

d'atteindre un niveau de connaissances suffisant. Est-ce qu'un entraînement basé sur les codes non-symboliques et analogiques, et notamment sur leur mise en correspondance avec les symboles, serait pertinent auprès de ces enfants ? Dans la troisième partie, nous adaptons et proposons ce dispositif pour des enfants porteurs de la trisomie 21, dont le développement numérique et langagier est particulièrement déficitaire.

