

**Direction des bibliothèques**

**AVIS**

Ce document a été numérisé par la Division de la gestion des documents et des archives de l'Université de Montréal.

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

**NOTICE**

This document was digitized by the Records Management & Archives Division of Université de Montréal.

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal

L'effet de la participation à une activité sportive sur le fonctionnement cognitif de  
l'enfant

par  
Sébastien Martin

Département de kinésiologie

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade  
de Maîtrise (M.Sc.) en sciences de l'activité physique

Décembre, 2008

© Sébastien Martin, 2008



Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

L'effet de la participation à une activité sportive sur le fonctionnement cognitif de  
l'enfant

présenté par :  
Sébastien Martin

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Suzanne Laberge, président-rapporteur  
Dave Elleberg, directeur de recherche  
Marie-France Daniel, membre du jury

## Résumé

Jusqu'à présent, la littérature évaluant le lien entre l'activité physique et les fonctions cognitives chez l'enfant a principalement regardé l'impact sur les résultats académiques. De plus, les lacunes méthodologiques rendent souvent les résultats difficiles à interpréter. La présente étude avait donc pour buts 1) d'évaluer l'effet de la pratique régulière d'activité physique à travers le sport sur les fonctions cognitives de l'enfant, 2) de vérifier si l'activité physique a un effet global sur les fonctions cognitives ou si son effet est spécifique et 3) de vérifier si le type de sport pratiqué influence davantage certaines fonctions cognitives. Pour répondre aux deux premiers objectifs, nous avons comparé deux groupes de sportifs à un groupe d'enfants peu actifs à des tests cognitifs évaluant des fonctions tels que la mémoire auditive et visuelle, la planification, l'attention, la mémoire de travail auditive et visuelle, la catégorisation et l'inhibition / alternance de tâches. Pour répondre au troisième objectif, nous avons comparé les résultats d'enfants pratiquant un sport aérobic stratégique (basketball) à ceux d'enfants pratiquant un sport à prédominance aérobic (natation).

Les résultats ont confirmé nos deux premiers objectifs. D'une part, les groupes de sportifs ont obtenus de meilleurs résultats à plusieurs tests cognitifs tels que l'apprentissage, la mémoire à long terme, la mémoire de travail et la mémoire immédiate auditive, l'inhibition et l'attention. D'autre part, puisque certaines des ces fonctions sont régies par les lobes temporaux et d'autres par les lobes frontaux, cela indique que l'activité physique a eu un effet plutôt global sur le cerveau de l'enfant. Par contre, aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes de

sportifs, ce qui indique que le type de sport pratiqué n'a pas eu d'effet spécifique sur les fonctions cognitives de l'enfant.

Par contre, lorsque nous regroupons seulement les enfants avec le plus d'années d'expérience de chacun des groupes de sportifs, nous observons un accroissement de l'écart des résultats pour la tâche de planification en faveur des joueurs de basketball qui entraîneraient cette fonction à travers la pratique de ce sport. Notre nouvelle hypothèse est donc que les sports stratégiques ont une influence accrue sur les fonctions entraînées, mais qu'un certain nombre d'années d'expérience est nécessaire afin de pouvoir observer de telles différences.

**Mots clés :** activité physique, sport, cognition, enfants

## **Abstract**

So far, the literature assessing the link between physical activity and cognitive functions in children has mainly looked at the impact on academic results. In addition, methodological limitations often make the results difficult to interpret. The goals of this study were 1) to evaluate the effect of regular physical activity through sports on the cognitive functions of children, 2) to assess whether physical activity has a global effect on the cognitive functions or if its effect is specific, and 3) to assess if the type of sport has a bigger or different influence on cognitive functions. To answer the first two goals, we compared two groups of athletes, each from a different sport, to a group of sedentary children on cognitive tests evaluating functions like auditory and visual memory, planning, attention, auditory and visual working memory, categorisation and inhibition / task switching. To verify the third goal, we compared the results of children involved in a strategic and aerobic sport (basketball) to children involved in a mainly aerobic sport (swimming).

The results confirm our first two goals. On the one hand, the groups of athletes had better results to most cognitive tests including those involving learning, long term memory, immediate and working auditory memory, inhibition and attention. On the other hand, given that some of these functions are controlled by the temporal lobes and others by the frontal lobes, this indicates that physical activity had a rather global effect on the children's brain. In contrast, we did not find support for our third hypothesis. No significant difference was observed between the two groups of

athletes, indicating that the type of sport did not have a specific effect on cognitive functions of children.

When we include only the athletes with the most years of experience in their sport, we observe an amelioration in the results for the planning task in favour of the basketball players, who likely train this function through their sport. Our new hypothesis is that strategic sports have a bigger influence on cognitive functioning, but a certain number of years of experience is necessary to observe such improvement.

**Key words:** physical activity, sport, cognition, children

## Tables des matières

|   |    |
|---|----|
| <b>1. Introduction</b> .....  | 1  |
| <b>2. Recension des écrits – Adultes</b> .....                                      | 2  |
| 2.1 Actifs vs moins actifs .....  | 2  |
| 2.2 Niveau de condition physique .....  | 4  |
| 2.3 Groupe entraîné vs groupe contrôle .....  | 5  |
| 2.4 Sports organisés .....  | 6  |
| <b>3. Recension des écrits – Enfants</b> .....                                      | 9  |
| 3.1 L'effet immédiat .....  | 11 |
| 3.2 L'effet à long terme .....  | 12 |
| 3.2.1 Augmentation du nombre d'heures de cours d'éducation physique .....           | 12 |
| 3.2.2 Actifs vs moins actifs .....  | 16 |
| 3.2.3 Programme d'entraînement .....  | 18 |
| 3.2.4 Niveau de condition physique .....  | 20 |
| 3.2.5 Sports organisés .....  | 24 |
| <b>4. Sport aérobic stratégique vs sport aérobic</b> .....                          | 30 |
| <b>5. Objectifs et hypothèses</b> .....   | 32 |
| 5.1 Objectif 1 .....  | 32 |
| 5.2 Hypothèse 1 .....   | 32 |
| 5.3 Objectif 2 .....  | 32 |
| 5.4 Hypothèse 2 .....   | 33 |
| 5.5 Objectif 3 .....  | 33 |
| 5.6 Hypothèse 3 .....   | 33 |
| <b>6. Méthodologie</b> .....  | 34 |
| 6.1 Participants .....  | 34 |
| 6.2 Procédure .....   | 35 |
| 6.3 Séance 1 .....  | 36 |
| 6.3.1 Indice de masse corporelle (IMC) .....  | 37 |
| 6.3.2 Test navette 20-mètres .....  | 37 |
| 6.3.3 Qualités musculo-squelettiques .....  | 37 |
| 6.4 Séance 2 : .....  | 38 |
| 6.4.1 Échelle d'estime de soi de Rosenberg .....                                    | 38 |
| 6.4.2 15 mots de Rey .....  | 39 |
| 6.4.3 Tour d'Hanoi .....  | 40 |
| 6.4.4 Empan auditif .....   | 40 |
| 6.4.5 Test d'attention D2 .....   | 41 |
| 6.4.6 Bref test de mémoire visuo-spatiale .....                                     | 42 |
| 6.4.7 <i>Wisconsin Card Sorting Task (WCST)</i> .....                               | 42 |
| 6.4.8 Empan visuo-spatial .....   | 43 |
| 6.4.9 Le test de couleur de Stroop .....  | 44 |
| <b>7. Analyse statistique</b> .....   | 45 |
| <b>8. Résultats</b> .....   | 45 |
| 8.1 Variables démographiques, psychosociales, alimentaires et intellectuelles ..... | 45 |



|   |    |
|---|----|
| 8.2 Tests neuropsychologiques – fonctions temporales et mnésiques ..... | 48 |
| 8.3 Tests neuropsychologiques – fonctions frontales et exécutives.....  | 51 |
| <b>9. Discussion</b> .....  | 61 |
| <b>10. Références</b> .....   | 70 |
| <b>Annexe I</b> Questionnaire de développement.....                     | 78 |
| <b>Annexe II</b> Questionnaire de fréquence d'activité physique .....   | 82 |
| <b>Annexe III</b> Questionnaire du statut socio-économique.....         | 83 |
| <b>Annexe IV</b> Questionnaire d'alimentation.....                      | 84 |
| <b>Annexe V</b> Certificat d'éthique.....                               | 85 |

## **Liste des tableaux**

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau I</b> - Caractéristiques démographiques, psychosociales, alimentaires et intellectuelles..... | 46 |
| <b>Tableau II</b> - Résultats aux mesures de la condition physique.....                                  | 47 |

## **Liste des figures**

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 1</b> - Approches utilisées pour vérifier l'effet de l'activité physique sur la cognition de l'enfant..... | 11 |
| <b>Figure 2</b> - 15 mots de Rey - Apprentissage.....  | 48 |
| <b>Figure 3</b> - 15 mots de Rey - Mémoire à long terme.....   | 49 |
| <b>Figure 4</b> - Bref test de mémoire visuo-spatiale - Apprentissage.....   | 50 |
| <b>Figure 5</b> - Bref test de mémoire visuo-spatiale - Mémoire à long terme.....                                    | 51 |
| <b>Figure 6</b> - 15 mots de Rey - Mémoire immédiate.....  | 52 |
| <b>Figure 7</b> - Bref test de mémoire visuo-spatiale - Mémoire immédiate.....                                       | 53 |
| <b>Figure 8</b> - Empan auditif en ordre direct - Mémoire immédiate.....   | 53 |
| <b>Figure 9</b> - Empan visuel en ordre direct - Mémoire immédiate.....  | 54 |
| <b>Figure 10</b> - Test D2 - Attention sélective et soutenue.....  | 55 |
| <b>Figure 11</b> - Test de couleur de Stroop - Inhibition et alternance de tâches.....                               | 56 |
| <b>Figure 12a</b> - Empan auditif en ordre inverse - Mémoire de travail.....   | 57 |
| <b>Figure 12b</b> - Empan visuelle en ordre inverse - Mémoire de travail.....  | 57 |
| <b>Figure 13a</b> - WISC - Catégorisation.....   | 58 |
| <b>Figure 13b</b> - WISC - Catégorisation.....   | 59 |
| <b>Figure 14a</b> - Tour d'Hanoï - Planification.....  | 60 |
| <b>Figure 14b</b> - Tour d'Hanoï - Planification.....  | 60 |

## **Remerciements**

Je voudrais tout d'abord remercier mon directeur de recherche Dr. Dave Elleberg, pour son encadrement et son soutien. Merci de m'avoir donné l'opportunité de travailler dans ton merveilleux laboratoire. À mes collègues, pour votre aide et votre support moral. Merci d'avoir partagé ces moments avec moi. À mes parents et mon frère, merci d'être là et de m'encourager dans mes aventures, c'est grâce à vous que je suis rendu où je suis aujourd'hui et je vous en serai toujours reconnaissant.

## 1. Introduction

L'activité physique pratiquée de façon régulière est associée à une réduction de l'embonpoint et de l'obésité (Jebb & Moore, 1999), une diminution des risques de maladies cardiovasculaires (Williams, 2001) et une diminution des risques de développer le diabète de type II (Uusitupa, Louheranta, Lindström, & al. 2000). Au niveau psychologique, l'activité physique régulière est associée à une diminution des niveaux de stress, d'anxiété, de dépression et favorise une meilleure estime de soi (Scully, Kremer, Meade, Graham & Dudgeon, 1998; Dunn, Trivedi & O'Neal, 2001). Mais serait-il possible que l'activité physique ait également un impact bénéfique sur les fonctions cognitives?

Chez les adultes, le lien entre la pratique régulière d'activité physique et les bénéfices au niveau de certaines fonctions cognitives est relativement bien démontré par la recherche (Colcombe & Kramer, 2003; Etnier, Nowell, Landers & Sibley, 2006). Notamment, l'activité physique pratiquée de façon régulière serait principalement associée à une amélioration des fonctions intellectuelles reliées aux régions frontales du cerveau. De manière plus spécifique, les fonctions exécutives seraient les processus cognitifs qui bénéficieraient le plus d'un mode de vie actif. Certaines études ont même comparé différents sports, afin de vérifier si la pratique d'une activité sportive spécifique influence différemment certaines fonctions cognitives plutôt que d'autres. Chez l'enfant par contre, très peu d'études se sont penchées sur cette question.

Le but de la présente étude était d'évaluer l'effet de la participation dans deux types d'équipes sportives sur le fonctionnement cognitif de l'enfant. Pour ce faire, nous avons évalué les différences cognitives entre des enfants faisant partie d'équipes sportives et des enfants peu actifs. Selon Statistique Canada (Clark, 2008), 51% des enfants âgés entre 5 et 14 ans ont participé à des sports organisés en 2004, ce qui représente environ 2 millions d'enfants à travers le Canada. La présente étude est intéressante dans l'optique où les résultats seront applicables à une très grande population. De plus, la pratique de sport organisé permet une implication à long terme pour les enfants comme pour les adultes. En effet, les sports organisés offrent un bon encadrement, donnent la possibilité de progresser à travers les niveaux et les âges, offre une grande variété d'activités pour tous les goûts et la plupart sont faciles d'accès.

## **2. Recension des écrits – Adultes**

La relation entre la cognition et l'activité physique chez l'adulte est un sujet qui a grandement été étudié au cours des dernières décennies. Plusieurs approches ont été utilisées afin de vérifier ce lien, notamment le fait d'être actif ou en forme, l'effet d'un programme d'entraînement et la participation dans des équipes sportives.

### **2.1 Actifs vs moins actifs**

L'évaluation de la relation entre le niveau d'activité physique et le fonctionnement cognitif est une approche qui a souvent été utilisée auprès de la

population adulte. Elle consiste à vérifier à l'aide de questionnaires ou d'entrevues, la fréquence d'activité physique d'une personne. Hillman et ses collègues (2006) ont opté pour cette approche afin d'évaluer des jeunes adultes et des adultes plus âgés qui étaient soit actifs, soit sédentaires. Afin de mesurer les différences cognitives entre les groupes, ils ont fait passer un test d'alternance de tâches sur ordinateur, combiné avec l'électroencéphalographie (EEG). L'EEG est une technique qui a pour but de mesurer l'activité électrique du cerveau. Il en fait ressortir différentes ondes, associées aux différents types de traitement de l'information et aux réponses qui en découlent. Les résultats démontrent que les sujets actifs avaient des temps de réaction plus courts que les sujets sédentaires. De plus, ils démontraient une latence plus courte et une plus grande amplitude de l'onde P3. La latence de cette onde serait sensible au traitement central et perceptif, tandis que son amplitude refléterait l'allocation de ressources attentionnelles portées aux stimuli. Pris ensemble, ces résultats suggèrent que les adultes qui sont plus actifs auraient un traitement de l'information plus rapide et alloueraient plus de ressources attentionnelles à la tâche que les adultes sédentaires.

Lors d'une autre étude, Singh-Manoux et ses collègues (2005) ont utilisé des questionnaires de fréquence d'activité physique pour classer les participants dans une des trois catégories suivantes : haut, moyen et bas niveau d'activité physique. Ils ont fait passer une batterie de tests cognitifs évaluant la mémoire à court terme, l'intelligence fluide et la fluidité verbale. Le test d'intelligence fluide est étroitement lié aux fonctions cognitives tels que le traitement de l'information, la mémoire à court terme, la pensée abstraite, la créativité, la capacité à résoudre des problèmes et le temps de réaction. L'étude s'est déroulée sur 11 ans, avec cinq phases d'évaluation.

De manière générale, les résultats indiquent que les participants qui étaient classés dans la catégorie « haut niveau d'activité physique » ont obtenu de meilleurs résultats à tous les tests cognitifs comparativement aux participants classés dans les deux autres catégories. Notons que l'écart le plus marqué entre les groupes a été observé pour le test d'intelligence fluide, les participants avec une fréquence d'activité physique faible ayant obtenu des résultats inférieurs comparativement aux autres groupes.

## **2.2 Niveau de condition physique**

Une autre approche utilisée consiste à évaluer la relation entre la forme physique générale (donnée par la capacité aérobie) et le fonctionnement cognitif. Dustman et ses collègues (1990) ont utilisé cette approche afin d'observer les différences cognitives entre de jeunes adultes (20-31 ans) et des adultes plus âgés (50-62 ans) en bonne et en moins bonne forme physique. Afin de classer les participants dans les catégories « bon niveau » ou « faible niveau » de condition physique, ils ont fait passer un test de Vo<sub>2</sub> maximal sur tapis roulant. Les tests cognitifs utilisés étaient les suivants : le test de temps de réaction de Sternberg, le test d'interférence de Stroop, le *Symbole Digit Modalities* et le *Trails B*. Ces tests reflètent des habiletés cognitives telles que la vitesse de réponse, l'attention, le balayage et la poursuite visuelle, l'inhibition et la capacité d'alterner rapidement entre deux tâches. Ils ont également observé l'activité électrique du cerveau à l'aide de l'EEG combiné à une tâche sur ordinateur. Les résultats démontrent que les participants en bonne forme physique ont eu de meilleurs résultats que les participants en moins bonne forme à



tous les tests cognitifs. Pour ce qui est de l'EEG, la latence de l'onde P3 était plus rapide chez les participants présentant un bon niveau de condition physique, reflétant une vitesse de traitement de l'information sensorielle plus rapide.

### **2.3 Groupe entraîné vs groupe contrôle**

L'intervention est également une approche très populaire en activité physique, elle consiste à entraîner des participants durant une certaine période de temps. Dans une méta-analyse incluant 18 études, Colcombe et Kramer (2003) ont voulu évaluer l'impact de programmes d'activité physique aérobie et combiné aérobie/force sur les performances cognitives d'adultes âgés. Les interventions devaient durer de plusieurs mois à plusieurs années pour être incluses dans l'analyse. Une grande variété de tâches cognitives a été utilisée à travers ces études. Bien qu'ils aient observé une influence significative de l'activité physique sur un grand éventail de fonctions cognitives, l'effet le plus marqué a été observé pour les tâches qui évaluaient les fonctions exécutives telles que la planification, la mémoire de travail, l'inhibition de réponse et la coordination de tâches. De plus, les groupes qui ont participé au programme combiné d'activités physiques aérobie et de force ont démontré une amélioration plus marquée que les groupes ayant simplement suivi un programme aérobie.

Kramer et ses collègues (1999a & b) ont également obtenu des résultats similaires. En effet, ils ont observé que les adultes qui ont participé à un programme d'entraînement aérobie (marche) durant six mois présentaient une amélioration plus

marquée pour les tâches requérant des processus exécutifs comparativement à celles qui sollicitaient moins ces fonctions cognitives.

## **2.4 Sports organisés**

La pratique de sports organisés est un phénomène bien présent dans notre société. C'est pourquoi certains chercheurs se sont intéressés à savoir si la pratique de différents sports a une influence spécifique sur certaines fonctions cognitives. Ce fut le cas de Nakamoto et Mori (2008), qui ont voulu mesurer les différences à une tâche de temps de réaction simple (TRS) et complexe (TRC) entre des joueurs de baseball, de basketball et des participants sédentaires. La tâche de TRS exige deux processus, soit la détection du stimulus et l'exécution motrice de la réponse. La tâche de TRC exige trois processus, soit l'identification du stimulus, la sélection de la réponse et l'exécution motrice. Cette tâche exige également la fonction d'inhibition car les participants doivent donner une réponse aux stimuli cibles et s'abstenir de répondre lors de la présentation de distracteurs. Il est à noter que les tâches avaient des associations stimulus-réponse spécifiques au baseball. De plus, les groupes de sportifs étaient divisés selon le niveau d'expertise des joueurs : haut, moyen et bas niveau d'expérience dans leur sport respectif. Les résultats démontrent que les deux groupes d'athlètes ont obtenu des TR plus courts aux deux tâches, comparativement au groupe de non-athlètes. Ils n'ont pas observé de différences entre les joueurs de baseball et de basketball. Par contre, les joueurs de baseball avec un niveau d'expérience haut et moyen ont obtenu des TR plus court à la tâche de TRC comparativement aux joueurs

avec un niveau d'expérience bas. Aucune différence significative n'a été observée à ce niveau entre les joueurs de basketball.

Ozel et ses collègues (2002) ont également voulu vérifier s'il y avait des différences entre de jeunes adultes sportifs et des non-sportifs. Les athlètes provenaient de plusieurs sports tels que la gymnastique (12), le handball (1), le rugby (3), le basketball (1), le soccer (2), le badminton (1), la lutte (1), le judo (1) et l'athlétisme (2). La tâche employée permettait d'observer des différences au niveau de la capacité à exécuter des rotations mentales. Leur hypothèse était que les sportifs seraient plus rapides dans une tâche de rotation mentale comparativement à des non-sportifs, car ils entraînent ce processus cognitif à travers la pratique de leur sport. De plus, ils ont voulu vérifier si les gymnastes seraient plus rapides que les autres athlètes dans cette tâche, car ils utilisent davantage la rotation mentale dans la pratique de leur sport. Notons que la rotation mentale implique des processus comme l'imagerie mentale, la mémoire de travail et la résolution de problème. Les résultats démontrent que les non-sportifs prenaient 50% plus de temps pour faire les rotations mentales comparativement aux sportifs. Par contre, ils n'ont pas observé de différences significatives entre les gymnastes et les autres types d'athlètes.

Une autre étude sur l'effet du sport a voulu évaluer les différences cognitives, perceptives et motrices entre des athlètes élités en basketball et des participants en classe d'éducation physique sans expérience en basketball (Kioumourtzoglou, Derri, Tzetzis & Theodorakis, 1998). Les tests cognitifs étaient les suivants : habileté analytique, mémoire de regroupement et mémoire de rétention. Les tests perceptifs évaluaient la vitesse de perception, l'attention sélective, la sélection de la réponse et

l'anticipation. Les tests moteurs avaient pour but de mesurer la coordination, l'équilibre dynamique, la dextérité poignet-doigts et le rythme. Les résultats démontrent que les athlètes de basketball étaient significativement meilleurs aux tests de mémoire de rétention, de sélection de réponse, d'anticipation, de coordination de la main et d'équilibre dynamique.

Dans l'ensemble, ces résultats sont intéressants, par contre il manque des informations importantes concernant les groupes de sportifs et de sédentaires. Premièrement, aucune des études n'a mesuré le Vo2 max des participants. Ceci représente une lacune dans le sens où, comme on l'a vu précédemment, la capacité aérobie a été reconnue pour avoir un effet sur le fonctionnement cognitif. Or, les différences observées entre les sportifs et les sédentaires ne sont peut-être dues qu'à la différence au niveau de la condition physique et non à l'entraînement des fonctions cognitives à travers la pratique du sport. De plus, on ne sait pas combien d'années d'expérience les athlètes avaient dans leur sport respectif. Dans le cas où ils auraient observé des différences entre les groupes de sportifs lors des deux premières études présentées, c'est peut-être un nombre d'années d'expérience plus élevé qui aurait pu expliquer en partie une telle différence. D'autre part, seulement une étude (Ozel, Larue & Molinaro, 2002) a indiqué le nombre d'heures par semaine consacré à la pratique de sport pour le groupe de sportifs (10 heures et plus) et pour le groupe de sédentaires (pas plus de 2 heures). Il est très important de contrôler ce facteur afin de s'assurer que la pratique d'activités physiques est bien à la source des différences observées entre les groupes de sportifs et de sédentaires.

Plusieurs autres facteurs non-contrôlés lors de ces études auraient également pu avoir un impact sur les résultats, notamment l'estime de soi, le statu socio-économique, l'indice de masse corporelle (IMC), l'alimentation ou tout autre facteur pouvant influencer les fonctions cognitives et perceptives (Coakley, 1993; Sirin, 2005; Yu, Chan, Cheng, Sung & Hau, 2006; Florence, Asbridge & Veugelers, 2008; Kristjánsson, Sigfúsdóttir & Allegrante, 2008). De plus, lors de l'étude de Kioumourtzoglou et ses collègues (1998), les tests cognitifs et perceptifs pour lesquels ils ont observé une différence significative entre les deux groupes présentaient des caractéristiques propres au basketball, ce qui pourrait expliquer en partie les résultats obtenus. L'état actuel de la recherche auprès d'adultes sportifs ne nous permet pas de tirer de réelles conclusions à savoir si c'est le simple fait d'être en bonne forme physique qui a un impact sur les fonctions cognitives ou si la composante stratégique des sports y est aussi pour quelque chose.

### **3. Recension des écrits – Enfants**

Mais qu'en est-il pour les enfants ? Puisque plusieurs caractéristiques différencient les enfants des adultes, nous ne pouvons prendre les résultats obtenus chez ces derniers et les appliquer à l'enfant. Premièrement, le cerveau de l'enfant est encore en développement et n'atteindra sa maturité qu'au début de l'âge adulte (Davidson, Amso, Anderson & Diamond, 2006). De plus, les enfants et les adultes n'ont pas la même réponse physiologique face à la pratique d'activités physiques de type aérobie (Turley & Wilmore, 1997). Pris ensemble, ces facteurs suggèrent que

l'activité physique est susceptible d'engendrer des adaptations différentes des processus cognitifs entre les adultes et les enfants.

L'effet de l'activité physique sur le cerveau de l'enfant est un sujet qui commence à susciter de plus en plus d'intérêt dans le monde de la recherche. Bien que plusieurs études suggèrent un lien positif entre ces deux variables, les lacunes méthodologiques et le manque de spécificité des tests employés nous empêchent de tirer des conclusions fermes. La Figure 1 montre les différentes approches utilisées pour vérifier l'effet de l'activité physique sur la cognition de l'enfant.

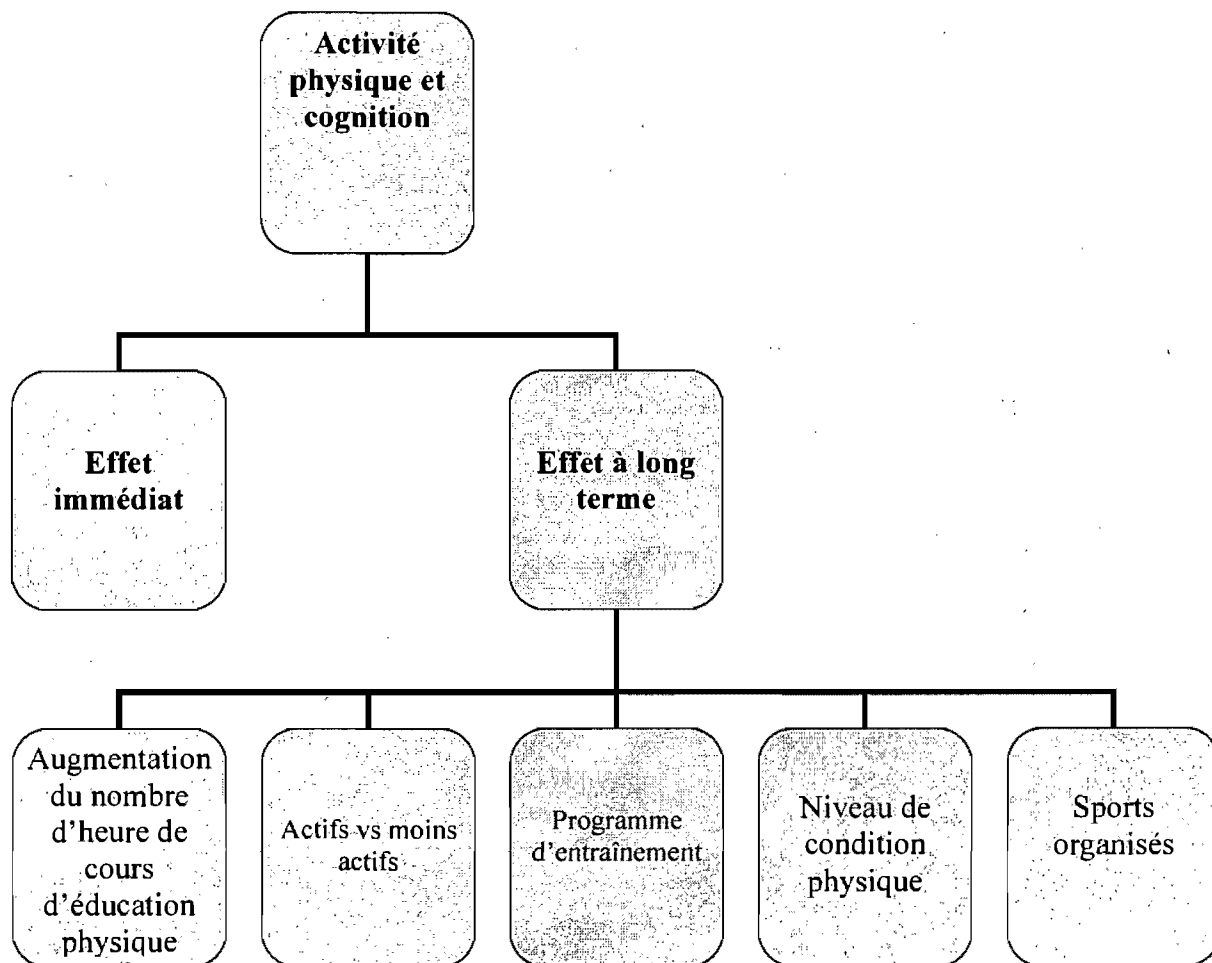


Figure 1 – Approches utilisées pour vérifier l'effet de l'activité physique sur la cognition de l'enfant

### 3.1 L'effet immédiat

Une des approches expérimentales qui permet de mieux comprendre les effets de l'activité physique sur les fonctions cognitives est l'étude de l'effet immédiat d'une seule séance d'entraînement. Cette approche consiste à faire passer un test évaluant un aspect de la cognition immédiatement après une séance d'exercice. De manière générale ce qui ressort des études qui ont utilisé cette approche est que l'activité physique pratiquée immédiatement avant une tâche qui exige des processus

cognitifs, ne perturbe pas et pourrait même améliorer certains aspects de la cognition (Gabbard & Barton 1979; Zervas, Danis & Klissouras, 1991; McNaughten & Gabbard, 1993; Caterino & Polak, 1999). De plus, il semblerait que l'effet immédiat de l'activité physique serait plus marqué lorsqu'elle dure entre 30 et 50 minutes (Gabbard & Barton 1979; McNaughten & Gabbard, 1993).

Une seconde grande approche expérimentale qui permet de mieux comprendre le lien entre l'activité physique et la cognition est l'évaluation de la pratique à long-terme de l'activité physique. Contrairement à ce qui est recensé dans la littérature chez l'adulte, les études menées auprès d'enfants se sont principalement intéressées à vérifier l'effet de l'activité physique sur le rendement académique.

### **3.2 L'effet à long terme**

#### *3.2.1 Augmentation du nombre d'heures de cours d'éducation physique*

L'impact du nombre d'heures de cours d'éducation physique par semaine sur la réussite académique est un sujet qui suscite beaucoup d'attention depuis déjà plusieurs années, à savoir si nous devrions augmenter ou diminuer ce nombre au profit des autres matières. L'une des plus récentes études longitudinales publiées à ce sujet, a regardé l'impact du nombre d'heures d'éducation physique sur les habiletés en mathématiques et en lecture, de la maternelle à la 5<sup>e</sup> année du primaire (Carlson, Fulton, Lee & al. 2008). Ce sont les enseignants qui rapportaient le nombre d'heures d'éducation physique par semaine ainsi que les résultats des matières académiques ciblées. Les résultats démontrent que les filles qui participaient entre 70 et 300 minutes d'éducation physique par semaine présentaient une petite amélioration en



mathématiques et en lecture comparativement aux filles qui participaient entre 0 et 30 minutes par semaine. Aucune association n'a été observée chez les garçons.

L'étude de Trois-Rivières est sans doute l'une des études les plus connues. Elle s'est déroulée sur six ans, auprès de 546 élèves du primaire. Les résultats démontrent que les groupes qui recevaient cinq heures de cours d'éducation physique par semaine avaient de meilleurs résultats académiques comparativement à ceux qui en avaient que 40 minutes par semaine. De plus, lors de tests provinciaux standardisés, les groupes expérimentaux ont obtenu de meilleurs résultats en mathématiques, mais de moins bons résultats en anglais, même s'ils avaient 33 minutes de moins en mathématiques et le même nombre d'heure d'enseignement en anglais comparativement aux groupes contrôles (Shephard, Lavallée, Volle, Labarre & Beaucage, 1994).

Le projet *Sports, Play, and Active Recreation for Kids* (SPARK) a fait l'objet d'une étude auprès de 759 enfants de la 2<sup>e</sup> à la 5<sup>e</sup> année du primaire pour la première cohorte et de la 2<sup>e</sup> à la 6<sup>e</sup> année pour la deuxième cohorte (Sallis, McKenzie, Kolody & al. 1999). Ce projet consiste, à travers les cours d'éducation physique, à promouvoir l'activité physique à l'école, mais aussi en dehors de l'école. Trois groupes étaient présents dans l'étude, soit un groupe contrôle et deux groupes expérimentaux. Le groupe contrôle recevait les cours d'éducation physique habituels à raison de 38 minutes par semaine. Un des groupes expérimentaux recevait des cours d'éducation physique selon le projet SPARK donné par un spécialiste, à raison de 80 minutes par semaine. L'autre groupe expérimental recevait également des cours selon le projet SPARK, mais ils étaient donnés par un enseignant formé pour donner les

cours, à raison de 65 minutes par semaine. En plus de participer au projet SPARK à l'école, les participants des groupes expérimentaux étaient fortement encouragés à faire de l'activité physique en dehors de l'école. Des récompenses étaient octroyées si les objectifs étaient rencontrés. L'évaluation académique a été faite par le *Metropolitan achievement test* qui donne des pointages en lecture, en mathématiques, en langue et un pointage composé. Les résultats démontrent que tous les groupes ont présenté une diminution du classement percentile entre la 2<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> ou 6<sup>e</sup> année pour toutes les mesures, sauf pour le groupe de la première cohorte, dirigé par un spécialiste, qui a présenté une amélioration en lecture. Le groupe de cette même cohorte qui a été dirigé par un enseignant a quant à lui été le seul à présenter une diminution significativement moins marquée en langue comparativement au groupe contrôle. Le groupe de la deuxième cohorte qui a été dirigé par un spécialiste a par contre obtenu des résultats significativement inférieurs en langue par rapport aux deux autres groupes. Aucune différence significative n'a été observée en mathématiques et pour le pointage composé. Même si les groupes expérimentaux ont passé respectivement 76 et 57 heures de plus que le groupe contrôle en cours d'éducation physique, ceci n'a pas influencé négativement leurs résultats académiques sauf pour une seule mesure soit les résultats des spécialistes en langue de la deuxième cohorte.

Une revue de la littérature concernant les cours d'éducation physique, exposée par Trudeau et Shephard (2008), présente trois autres études ayant regardé l'effet de l'augmentation du nombre d'heures de cours d'éducation physique sur le rendement académique (Dwyer, Coonan, Leitch, Hetzel & Baghurst, 1983; Coe, Pivarnik,

Womack, Reeves & Malina, 2006; Ahamed, Macdonald, Reed & al. 2007). Aucune de ces études n'a démontré de différences significatives entre les groupes expérimentaux et les groupes contrôles concernant les résultats académiques.

Le fait que ces études aient pris le rendement académique comme mesure, ne nous permet pas de tirer de réelles conclusions à savoir si le fait d'être plus actif améliore directement et spécifiquement certaines fonctions cognitives. Car en plus de refléter l'état plutôt global des capacités intellectuelles des enfants, plusieurs facteurs autres que le fait d'être actif peuvent avoir une influence sur les résultats scolaires tels que le statut socio-économique (Sirin, 2005), l'éducation des parents (Kim & al. 2003), l'alimentation (Florence & al. 2008), l'estime de soi (Coakley, 1993; Yu & al. 2006) et l'IMC (Kristjánsson & al. 2008). De plus, aucune de ces études n'a contrôlé le nombre d'heures d'activités physiques des participants en dehors de l'école. Peut être que les participants des groupes contrôles étaient aussi, voir même plus actifs après l'école que ceux des groupes expérimentaux. Au contraire, peut-être que le fait d'avoir plus d'heures d'éducation physique donnait le goût de faire plus d'activités physiques en dehors de l'école aux participants des groupes expérimentaux. Il est aussi important de mentionner que l'augmentation du nombre d'heures de cours d'éducation physique se faisait toujours au détriment du temps passé dans les autres matières académiques. Le fait que la plupart des études n'ait pas observé d'effets négatifs sur rendement académique, peut également laisser croire que les enfants qui ont participé au programme d'augmentation d'heures d'éducation physique ont simplement eu besoin de moins d'heures de cours dans ces matières pour obtenir les mêmes résultats que leurs pairs.

### 3.2.2 *Actifs vs moins actifs*

Le niveau de participation à des activités physiques est quelque chose qui varie beaucoup d'un enfant à l'autre. C'est pourquoi certains chercheurs se sont intéressés à vérifier si le fait de s'impliquer davantage dans des activités physiques a une incidence sur les résultats académiques. La méthode la plus utilisée pour évaluer cela est la passation de questionnaires. Yu et ses collègues (2006) ont opté pour cette approche en faisant passer des questionnaires de fréquence d'activité physique à 333 chinois âgés entre 8 et 12 ans. Le questionnaire était un rappel du type et de l'intensité des activités physiques pratiquées au cours de la dernière semaine. Les résultats n'indiquent aucune association significative entre le niveau d'activités physiques et les résultats académiques. Par contre, ils ont trouvé une corrélation positive entre l'estime de soi et les résultats scolaires. Notons que les enfants provenaient tous de familles ayant des revenus moyens à bas. L'estime de soi serait donc un facteur déterminant des résultats académiques. Deux autres études ont fait passer le même type de questionnaire, concernant le niveau d'activités physiques au cours de la dernière semaine à des garçons et des filles âgés entre 12 et 16 ans. Les résultats obtenus étaient similaires; ils n'ont observé aucune association significative entre le niveau d'activités physiques et les résultats en anglais, en mathématiques, en lecture et en sciences (Tremblay, Inman & Willms, 2000; Daley & Ryan, 2000).

Une autre étude a fait passer un questionnaire concernant le type, l'intensité et la durée d'activités physiques pratiqués durant la dernière année (Lindner, 2002). Les participants avaient le droit d'écrire un maximum de cinq activités. Ils étaient par la suite classés dans l'une des catégories suivantes : haut, moyen ou bas niveau

d'activité physique. La population ciblée était des enfants âgés entre 13 et 17 ans, provenant de six écoles de niveau socio-économique bas, moyen et haut. Les résultats n'indiquent encore une fois aucune association significative entre les performances académiques et le niveau d'implication dans des activités physiques. Par contre, ils ont observé que les élèves provenant d'écoles reflétant un niveau socio-économique des parents élevé avaient significativement de meilleurs résultats académiques et ils passaient plus de temps à faire de l'activité physique, comparativement aux élèves issus d'écoles avec un niveau socio-économique bas. Ceci suggère que le statut socio-économique serait également un facteur déterminant des résultats académiques.

Ces études ont encore une fois utilisé les résultats académiques comme marqueur de la cognition et n'ont d'ailleurs trouvé aucune corrélation significative en lien avec le niveau d'activités physiques. De plus, le questionnaire concernant les activités de la semaine précédente n'est pas un bon outil de mesure du niveau d'activités physiques moyen. En effet, peut-être que certains enfants normalement actifs n'avaient pas fait beaucoup d'activités physiques la semaine avant la passation du questionnaire et vice versa. Par ailleurs, il aurait été intéressant de classer l'activité physique sous des critères autres qu'actifs ou peu actifs. Les auteurs auraient pu classer les enfants selon le type d'activités pratiquées (p.ex., activité physique individuelle ou en équipes, organisés ou libre). Car peut-être que le type d'activités pratiquées plutôt que la durée et l'intensité influence davantage les résultats académiques. Le fait d'être encadré et d'avoir le support de ses pairs contribueraient peut-être à augmenter l'estime de soi des enfants et ainsi les aider à mieux performer à l'école ? D'un autre côté, ces études ont permis de renforcer les évidences selon

lesquelles l'estime de soi et le statu socio-économique sont des facteurs importants de la réussite scolaire que l'on doit prendre en compte lorsque nous étudions l'enfant.

### 3.2.3 Programme d'entraînement

L'approche selon laquelle on entraîne un groupe expérimental que l'on compare à un groupe contrôle qui ne reçoit pas l'intervention, est moins répandu chez les enfants dits « normaux ». L'une des seules études à avoir utilisée cette approche a été conduite par Davis et ses collègues (2007) auprès d'enfants de 7 à 11 ans avec un IMC élevé. Les enfants étaient tous inactifs, c'est-à-dire qu'ils ne faisaient pas plus d'une heure d'activités physiques par semaine. Les enfants sélectionnés ont été répartis aléatoirement dans trois groupes, soit un groupe qui faisait 40 minutes d'activités physiques par jour, un groupe qui faisait 20 minutes d'activités physiques par jour et un groupe qui ne recevait aucune intervention. Les séances d'exercice étaient données après l'école, à raison de cinq fois par semaine pour 15 semaines. L'accent était mis sur l'intensité, le plaisir et la sécurité des activités et non sur la compétition ou l'amélioration d'habiletés. La fréquence cardiaque moyenne visée était de 150 battements par minutes, ce qui représente une intensité assez élevée. Le but de l'étude était de vérifier si l'activité physique régulière a un impact sur les fonctions cognitives et plus particulièrement les fonctions exécutives. Les tests employés provenaient du *Cognitive Assessment System (CAS)* qui évalue les fonctions telles que la planification, l'attention, le traitement cognitif simultané et successif (PASS). Le test de planification est le seul à évaluer les fonctions exécutives selon la théorie du PASS. Les enfants ont été testés avant et après l'intervention de 15

semaines. Les résultats indiquent que les enfants qui ont participé aux séances d'exercices ont amélioré significativement leur endurance sur le tapis roulant ce qui démontre que l'intervention a bien fonctionné en termes d'amélioration de la condition physique. Par contre, seulement une différence significative a été observée aux tests cognitifs, soit pour le test de planification, le groupe qui a reçu les plus longues séances d'activité physique ayant significativement mieux performé que le groupe contrôle. Puisqu'aucune autre différence significative n'a été rapportée concernant les autres tests cognitifs, les auteurs suggèrent que l'effet de l'activité physique se situerait plus au niveau des fonctions exécutives.

Cette étude est intéressante dans la mesure où les auteurs ont évalué des fonctions cognitives spécifiques, en plus de dissocier les fonctions exécutives des autres fonctions. Par contre, ils n'ont pas mesuré le statut socio-économique, ni l'estime de soi des enfants, ce qui aurait pu avoir un impact sur les résultats. Par contre, soulignons que l'attribution aléatoire des participants aux groupes intervention et témoin diminue la probabilité d'un tel effet. Comme ils le mentionnent eux-mêmes, le fait que les enfants présentaient un surplus de poids, a peut-être contribué à les rendre plus sensibles à l'intervention. Une étude auprès d'une population sédentaire mais avec un IMC normal serait de mise afin de vérifier cette possibilité.

Sibley et Etnier (2003) ont effectué une méta-analyse regroupant 44 études publiées et non-publiées auprès d'enfants et d'adolescents âgés entre 4 et 18 ans. Parmi ces études, 16 étaient des études expérimentales. Par contre parmi ces 16 études, sept n'ont jamais été publiées et la plus récente datait de 1987. Trois études ont été faites à l'intérieur de cours d'éducation physique, parmi celle-ci, deux ont été

présentées plus tôt, l'autre datant de 1968. Enfin, trois autres études ont été conduites auprès d'enfants présentant une déficience intellectuelle et une auprès d'enfants hyperactifs et impulsifs. Ce qui laisse seulement trois études chez une population dite « normale ». Néanmoins un effet significatif global a été observé pour ces études, ce qui suggère que l'activité physique a eu une association positive avec la cognition chez les enfants. De plus, tous les types d'évaluation cognitive incluant le Q.I., les habiletés perceptives, la réussite académique, les tests verbaux, les tests de mathématiques, de développement et autres ont présenté un effet significativement plus grand que zéro. La seule fonction n'ayant pas présentée de résultats significatifs fut la mémoire.

Ces résultats sont intéressants, mais vu les grandes divergences au niveau des populations et des tests cognitifs utilisés, il est encore une fois difficile d'interpréter le lien entre l'activité physique régulière et la cognition chez l'enfant. De plus, ces études ne dissocient toujours pas les activités physiques aérobies des activités stratégiques comme les sports d'équipes.

#### *3.2.4 Niveau de condition physique*

Une autre approche consiste à évaluer la capacité cardiovasculaire des enfants et de vérifier s'il y a des différences cognitives entre ceux qui ont une bonne capacité comparativement à ceux qui en ont une moins bonne. Buck et ses collègues (2008) ont utilisé cette approche en regardant les différences au niveau des fonctions exécutives entre des enfants de 7 à 14 ans ayant une bonne capacité cardiovasculaire et des enfants avec une moins bonne capacité. L'évaluation cognitive a été faite à



l'aide de la tâche de Stroop, qui est une mesure d'attention sélective, d'inhibition de réponse, de contrôle d'interférence et de vitesse de réponse. L'évaluation du Vo2 a été effectuée selon les directives du *Fitnessgram*. Les résultats démontrent que les enfants avec un meilleur Vo2 ont obtenu de meilleurs résultats aux trois conditions lors de la tâche de Stroop. De plus, ils ont trouvé une corrélation positive entre le Q.I. et la tâche de Stroop. Par contre, on ne sait pas si les enfants qui avaient un bon Vo2 avaient également un Q.I. plus élevé que les enfants avec un moins bon Vo2. Par ailleurs, les auteurs n'ont trouvé aucune corrélation entre le statut socio-économique, le sexe et la tâche de Stroop. Ces résultats suggèrent qu'un bon niveau de capacité cardiovasculaire serait bénéfique pour les fonctions cognitives du cerveau des enfants.

Hillman et ses collègues (2005) ont eux aussi voulu observer les différences entre des enfants en forme et des enfants moins en forme (moyenne d'âge: 9,6 ans), mais cette fois au niveau neuroélectrique. En effet, ils ont recruté des enfants ayant complété le *Fitnessgram* à l'école, qui est un outil de mesure de la capacité cardiovasculaire, des aptitudes musculo-squelettiques et de la flexibilité. Le test utilisé pour mesurer les différences cognitives entre les groupes était une tâche de discrimination sur ordinateur combiné à l'EEG. Les résultats démontrent que les enfants avec une meilleure capacité cardiovasculaire avaient des temps de réaction plus rapides que les enfants en moins bonne condition physique. De plus, les enfants en meilleure forme avaient une plus grande amplitude de l'onde P3 et une latence plus courte avant l'apparition de cette même onde. Pris ensemble, ces résultats suggèrent qu'une meilleure capacité cardiovasculaire serait associée à une meilleure

activation neuronale associée à l'allocation de l'attention et à la mémoire de travail, influençant ainsi la vitesse du traitement de l'information. Il est important de mentionner qu'il n'y avait pas de différence entre les groupes au niveau du statut socio-économique. Par contre, il y avait une différence de 3,5 au niveau de l'IMC entre les deux groupes, en faveur du groupe en forme. Or, une étude qui a examiné l'influence de l'IMC sur l'atrophie cérébrale suggère qu'un IMC élevé serait associé à une diminution du volume du cerveau chez l'adulte (Ward, Carlsson, Trivedi, Sager & Johnson, 2005). Ceci nous laisse croire que l'IMC pourrait avoir une incidence sur certaines fonctions cognitives.

Une autre étude à avoir utilisé cette approche a regardé le lien entre les résultats à des tests physiques et les résultats académiques d'élèves de 3<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> années dans 259 écoles primaires (Castelli, Hillman, Buck & Erwin, 2007). Les résultats démontrent que les élèves qui ont le mieux performé au test de capacité aérobie présentaient de meilleurs résultats académiques comparativement à ceux qui avaient moins bien performé. De plus, les enfants en plus grande forme ont obtenu de meilleurs résultats aux tests standardisés en mathématiques et en lecture. Ils ont également trouvé une association négative entre l'IMC et les résultats académiques. Ces résultats restent significatifs même après avoir pris en considération l'indice de pauvreté des élèves, reflété par la participation aux repas gratuits ou à coût réduit. Kim et ses collègues (2003) ont également obtenu des résultats similaires. En effet, ils ont trouvé une faible association positive entre les résultats académiques et les résultats à des tests de courses administrés annuellement chez des élèves du primaire et du secondaire. Dans le même ordre d'idée, Dwyer et ses collègues (2001) ont

également observé une petite association positive entre les résultats académiques et plusieurs indices du niveau de condition physique. Les tests qui ont eu une association positive sont les suivants : test de course de 1.6 kilomètre, course de 50 mètres, redressements assis et sauts en longueur. Notons que les enfants étaient âgés entre 7 et 15 ans et que leur rendement académique était évalué par les directeurs d'école de manière qualitative, ce qui rend les résultats un peu moins objectifs.

Bien que certaines études aient encore employé les résultats académiques comme marqueur de la cognition, d'autres auteurs ont regardé l'influence d'une bonne condition physique sur les fonctions cognitives de manière plus spécifique. De plus, le fait que certaines études aient contrôlé pour le statut socio-économique, rendent les résultats plus probants dans le sens où ils ont éliminé un facteur qui aurait pu expliquer une partie des différences cognitives observées entre les groupes. Par contre, on ne connaît pas les caractéristiques propres aux enfants, à savoir pourquoi ils avaient une bonne ou une moins bonne capacité cardiovasculaire. Faisaient-ils partie d'équipes sportives, jouaient-ils beaucoup dehors, faisaient-ils partie de club d'échec? Bien que ces études suggèrent un lien positif entre le fait d'être en forme et l'amélioration de certaines fonctions cognitives, on ne connaît toujours pas les mécanismes sous-jacents à ce phénomène.

Bien que l'effet de l'activité physique régulière sur la cognition des enfants soit encore incertain, il y a tout de même quelques études qui suggèrent un lien positif entre ces deux variables. Si c'est effectivement le cas, une autre question persiste à savoir si tous les types d'activités physiques ont le même impact sur la cognition? Est-ce seulement le fait d'avoir une bonne condition physique qui influence les

fonctions cognitives ou bien est-ce que la pratique spécifique de certains sports pourrait avoir une influence accrue ou différente? Certains chercheurs ont tenté de répondre à cette question en comparant l'effet de la participation dans différentes équipes sportives sur certains aspects de la cognition.

### *3.2.5 Sports organisés*

Comme dans les approches précédentes, les résultats académiques ont souvent été utilisés afin de mesurer l'effet de la participation dans des équipes sportives. Ray (1940) fut l'un des premiers chercheurs à s'intéresser à ce sujet. En effet, il a comparé les résultats scolaires de 432 étudiants d'une école secondaire en regroupant ceux qui étaient inscrits dans une équipe interscolaire comparativement au reste des élèves de leur classe. Les résultats démontrent que les sportifs avaient une moyenne globale 5% plus élevée comparativement aux autres élèves de leur classe. Eidsmoe (1964) a lui aussi regardé l'effet de la participation d'élèves du secondaire dans des équipes sportives, plus précisément au basketball et au football. Les résultats démontrent que les 168 joueurs de basketball avaient une moyenne plus élevée que celle des élèves de leur classe ne faisant pas partie d'équipes sportives (2.566 vs 2.186). Des résultats similaires ont été observés pour le football. En effet, la moyenne des 592 joueurs de football était plus élevée comparativement aux élèves non-sportifs de leur école (2.523 vs 2.085). De manière plus spécifique, ils avaient des moyennes plus élevées en anglais (2.443 vs 2.166), en mathématiques (2.430 vs 2.127), en science (2.366 vs 1.991) et en histoire (2.539 vs 1.982). Ces études sont intéressantes mais difficiles à interpréter dans le sens où elles n'ont pas pris en compte le nombre d'heures

d'activités physiques des élèves qui n'appartenaient pas à des équipes sportives. De plus, elles n'ont pas contrôlé les variables reliées au statut socio-économique, ni l'estime de soi qui comme nous l'avons vu précédemment, sont des facteurs pouvant influencer les résultats académiques (Sirin, 2005; Kristjánsson, & al. 2008). Il aurait également été intéressant de séparer les types de sports pratiqués lors de l'étude de Ray (1940), afin de voir si la pratique d'un sport en particulier influence davantage les résultats académiques des athlètes.

De son côté, Fejgin (1994) a évaluée à l'aide de questionnaires l'effet de la participation à différents niveaux de sports compétitifs auprès de 22,696 élèves du secondaire. Les résultats démontrent que les élèves qui étaient le plus impliqués dans des sports compétitifs avaient de meilleurs résultats académiques, un concept de soi plus élevé, de plus grandes aspirations en matière d'éducation et moins de problèmes de discipline. Par contre, le niveau d'implication dans des sports était plus grand pour les élèves avec un statut socio-économique plus élevé, ceux qui fréquentaient des écoles privées et ceux dont les parents avaient le plus haut niveau d'éducation. Ces facteurs pourraient expliquer une partie des résultats et ne nous permettent pas une fois de plus de tirer de réelles conclusions quant à l'effet de la participation à des sports compétitifs sur les résultats académiques. De plus, aucune différenciation n'a été faite concernant le type de sport pratiqué, ce qui ne nous permet pas de vérifier si un sport en particulier contribue davantage à l'augmentation de la moyenne académique des sportifs.

Une autre étude d'envergure à été faite aux États-Unis auprès d'environ 15 000 adolescents du secondaire (Jordan, 1999). Les données ont été recueillies à

l'aide de questionnaires provenant de sondages gouvernementaux. Le nombre d'heures d'implication dans des sports scolaires individuels et d'équipes étaient les variables indépendantes. La réussite scolaire, le concept de soi et la confiance académique étaient les variables dépendantes. L'auteur a également pris en considération le statut socio-économique, l'éducation des parents, l'ethnie et le sexe des participants. Les résultats indiquaient que la participation dans des sports individuels et d'équipes a eu une influence positive sur la réussite scolaire, le concept de soi et la confiance académique pour tous les groupes ethniques sauf les enfants Afro-Américains. En effet, seuls les sports d'équipes ont eu un effet bénéfique sur la réussite académique et seuls les sports individuels ont eu un effet bénéfique sur l'estime de soi de ces derniers. Cette étude est intéressante compte tenu du fait qu'elle a dissocié les sports d'équipes des sports individuels. Cette dissociation nous laisse croire que le type de sport influence différemment plusieurs aspects individuels dont la réussite académique et donc possiblement certaines fonctions cognitives.

Lipscomb (2007) s'est lui aussi intéressé à l'impact de l'implication dans des clubs et des sports scolaires sur les résultats académiques. L'étude s'est déroulée sur plusieurs années, plus précisément de la 8<sup>e</sup> à la 12<sup>e</sup> année du secondaire. Les résultats indiquent que les élèves inscrits dans des sports scolaires présentaient une augmentation de 2.2% en mathématiques et en sciences au terme de la 12<sup>e</sup> année. Les élèves inscrits dans des clubs scolaires ont quant à eux présenté une amélioration seulement en mathématiques (1.5%). Bien que plusieurs facteurs aient été contrôlés tels que le statut socio-économique et l'estime de soi, cette étude présente quelques lacunes. Premièrement, on ne sait pas si les améliorations de 2.2% et de 1.5% sont

significatives. Deuxièmement, l'auteur présente seulement les résultats en mathématiques et en sciences, il aurait été intéressant de voir l'effet de l'implication dans les deux types d'activités sur d'autres matières académiques. Troisièmement, on ne sait pas quels sont les sports inclus dans l'étude, ni les activités des clubs scolaires. Il aurait été intéressant de les mentionner et même de les séparer en type de sports (individuel et d'équipe) et en type de clubs (échec, sciences...), pour voir l'impact potentiellement différentiel de chacun.

De manière générale, ces études suggèrent une association positive entre les résultats académiques et la participation dans des sports organisés. Par contre, même si des facteurs comme le statut socio-économique et l'estime de soi ont été contrôlés dans certaines études, nous ne pouvons encore affirmer un lien de cause à effet. En effet, plusieurs écoles secondaires exigent que les athlètes maintiennent des résultats scolaires élevés afin de continuer à faire partie de l'équipe scolaire (Jordan, 1999). Or, ceci représente une source de motivation pour les athlètes à mettre davantage d'efforts dans leurs études. Leur réussite académique pourrait donc possiblement être liée à une plus grande motivation et à l'augmentation du nombre d'heures d'étude plutôt que d'être directement liée à la participation à un sport organisé. De plus, peut-être que ce sont les parents qui exigeaient que leur enfant mette plus d'effort dans leurs études afin que celui-ci puisse continuer à pratiquer son sport. Il est également possible que les professeurs avaient tendance à donner de bons résultats aux athlètes, sachant qu'ils avaient le pouvoir de les garder dans l'équipe. Le fait que les athlètes scolaires ont la possibilité d'aspirer à de plus haut niveaux dans leur sport,

notamment jouer à l'université constitue également une source de motivation pour la performance académique.

D'un autre côté, plusieurs études n'ont pas réussi à trouver de liens positifs entre la participation à des sports organisés et les résultats académiques. Ce fut le cas de Hauser et Lueptow (1978) qui ont observé sur une période de trois ans que les athlètes faisant partie d'équipes interscolaires présentaient une amélioration de leurs résultats académiques de seulement 0,02 comparativement à 0,11 pour les non-athlètes. Par contre, les auteurs ne fournissent aucun renseignement sur l'échelle de notation et n'indique pas si ces différences étaient significatives. De plus, les athlètes avaient de meilleurs résultats académiques au début, ce qui suggère qu'ils avaient un meilleur potentiel qu'ils ont perdu au cours des années. Une autre étude a obtenu des résultats similaires auprès de jeunes filles du secondaire (Melnick, Vanfossen & Sabo, 1988). En effet, les auteurs ont observé par l'entremise de questionnaires et de tests standardisés en lecture, en vocabulaire et en mathématiques, que les filles qui faisaient partie d'équipes sportives à l'école, mais aussi en dehors de l'école ne présentaient aucun avantage académique par rapport aux filles qui ne faisaient pas partie de telles équipes. Une autre étude à avoir obtenu des résultats semblables a été conduite par Fisher et ses collègues (1996). Ces derniers n'ont trouvé aucune corrélation significative entre la participation à des sports et les résultats scolaires. Il faut également noter que les questionnaires d'activités physiques utilisés afin de recueillir les informations, ne faisaient pas de différenciation entre les sports organisés et les sports récréatifs. Finalement, il est difficile d'interpréter les résultats de ces études compte tenu qu'il n'y avait aucun contrôle pour le statut socio-



économique (Sirin, 2005), l'éducation des parents (Kim & al. 2003), l'alimentation (Florence & al. 2008), l'estime de soi (Coakley, 1993; Yu & al. 2006) et l'IMC (Kristjánsson & al. 2008).

À notre connaissance, la seule étude à avoir regardé l'effet de l'implication dans un sport sur un aspect de la cognition autre que les résultats académiques chez les enfants a été réalisée par Benguigui et Ripoll (1998). Ces derniers ont évalué l'effet de la pratique de tennis sur le développement de processus perceptivo-moteur, par une tâche de synchronisation. Ces processus de traitement de l'information visuelle et de synchronisation sont en grande partie régis par les lobes temporaux (Ivry, 2002). L'étude incluait 48 participants : 24 joueurs de tennis provenant d'un centre de tennis régional et 24 novices qui n'avaient joué qu'occasionnellement au tennis ou à tout autre sport incluant une balle. Les participants ont été subdivisés en quatre groupes selon leur âge : soit 7, 10, 13 et 23 ans. Le nombre d'années d'expérience en tennis a été pris en considération et était de 1,5, 3,7, 5,2 et 11,6 années, respectivement. Les résultats indiquent que la différence entre les joueurs de tennis et les novices à la tâche de synchronisation était très petite chez les groupes de 13 ans et plus. Par contre, chez les plus jeunes, les joueurs de tennis étaient significativement meilleurs que les novices à la tâche de synchronisation, l'effet le plus marqué ayant été observé chez les participants de 7 ans. Par ailleurs, ces derniers n'étaient pas significativement différents des joueurs plus vieux. Ces résultats suggèrent que la pratique de tennis a accéléré le développement des processus perceptivo-moteurs impliqués dans la tâche de synchronisation chez les plus jeunes joueurs de tennis.

Cette étude est intéressante dans le sens où elle fait ressortir que la pratique d'un sport pourrait améliorer certaines fonctions cognitives reliées à ce sport. Par contre, on ne sait pas si les participants des groupes de novices étaient actifs ou sédentaires? Nous savons uniquement qu'ils n'avaient pas ou peu d'expérience en sports pratiqués avec une balle. Il aurait été intéressant de contrôler ce point car s'ils étaient actifs, cela aurait voulu dire que la pratique de sport a eu un effet spécifique sur les fonctions cognitives temporelles. Par contre s'ils étaient sédentaires, c'était peut-être le simple fait d'être actif qui a amélioré les fonctions temporelles des athlètes et non l'entraînement des fonctions cognitives spécifiques à leur sport. On ne sait donc toujours pas si le fait de pratiquer un sport en particulier influence spécifiquement certaines fonctions cognitives.

#### **4. Sport aérobic stratégique vs sport aérobic**

La pratique d'un sport par rapport à un autre pourrait procurer un entraînement cognitif spécifique et distinct des fonctions cognitives sollicitées lors de la pratique du dit sport. Par exemple, un sport aérobic stratégique pourrait procurer un entraînement spécifique de certaines fonctions cognitives impliquées dans la pratique du sport alors qu'un sport à prédominance aérobic sans volet stratégique n'aurait pas une telle influence. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons inclut deux types de sports dans la présente étude, afin de vérifier si un type d'entraînement par rapport à un autre allait procurer un effet différentiel sur les fonctions cognitives du cerveau de l'enfant.

Le basketball et la natation ont été sélectionnés comme sports aérobies stratégique et aérobies seulement. En plus de sa composante aérobique, le basketball est considéré comme un sport stratégique à cause de l'interaction entre les coéquipiers et les adversaires, ce qui procure un environnement qui est en constant changement. Ces changements entre les séquences offensives et défensives exigent de la part des joueurs qu'ils alternent constamment entre les différentes stratégies propres à chacune des situations. Les contraintes de temps contribuent également à la composante stratégique du basketball en forçant les joueurs à prendre des décisions rapides. De plus, plusieurs processus sont nécessaires afin de performer adéquatement dans ce sport. En effet, les joueurs doivent être en mesure d'analyser adéquatement l'environnement, de sélectionner l'action appropriée, de planifier leurs actions et d'anticiper le jeu. Les sports stratégiques exigent également des joueurs qu'ils aient une bonne attention et une bonne concentration afin de repérer les éléments importants du jeu. Avoir une bonne mémoire à court et à long terme est également important afin de se rappeler des stratégies d'équipes, d'expériences passées et de garder en mémoire les règles du jeu (Thomas, 1994; Gréhaigne, Godbout & Bouthier, 2001). De plus, il est bien connu que l'inhibition est une fonction importante en basketball. En effet, la réaction des adversaires force parfois les joueurs à inhiber une action en cours afin d'en sélectionner une autre. La natation est considérée comme un sport principalement aérobique car l'environnement dans lequel évoluent les nageurs est relativement stable, sans contrainte directe de temps. De plus, les habiletés requises pour la nage deviennent quasi automatiques avec la pratique. Ceci fait en sorte que les

athlètes ne pensent presque plus à leur technique et sont capables de détecter et de corriger assez rapidement leurs erreurs (Thomas, 1994).

## **5. Objectifs et hypothèses**

### **5.1 Objectif 1**

Le premier but de la présente étude était d'évaluer l'effet de la pratique régulière d'activités physiques à travers le sport sur les fonctions cognitives des enfants.

### **5.2 Hypothèse 1**

Se basant sur les études qui ont regardé l'effet de l'activité physique ou le fait d'être en bonne forme physique, directement sur certaines fonctions cognitives (Benguigui & Ripoll 1998; Sibley & Etnier 2003; Hillman & al. 2005; Davis, & al. 2007; Buck & al. 2008), nous croyons que les enfants qui font partie des groupes de sportifs vont obtenir de meilleurs résultats aux tests cognitifs que les enfants sédentaires.

### **5.3 Objectif 2**

Un autre objectif de l'étude était de vérifier si l'activité physique a un effet global sur les fonctions cognitives ou si son effet est spécifique.

## **5.4 Hypothèse 2**

Puisque plusieurs études suggèrent que l'activité physique a un effet sur les fonctions frontales (Sibley & Etnier 2003; Hillman & al. 2005; Davis & al. 2007; Buck & al. 2008;) et que l'étude de Benguigui et Ripoll (1998) a trouvé une amélioration pour des fonctions temporelles, nous croyons que l'activité physique pratiquée de façon régulière va avoir un effet général sur le cerveau de l'enfant, c'est-à-dire tant pour les fonctions frontales que temporelles.

## **5.5 Objectif 3**

Nous avons également voulu vérifier si le type de sport pratiqué influence davantage certaines fonctions cognitives chez l'enfant.

## **5.6 Hypothèse 3**

À notre connaissance, aucune étude n'a tenté de faire cette comparaison, par contre certaines études suggèrent que la pratique de sports améliore les fonctions cognitives qui en sont spécifiquement reliées (Kioumourtzoglou & al. 1998; Benguigui & Ripoll 1998). Nous croyons donc que les joueurs de basketball vont obtenir de meilleurs résultats que les athlètes de natation aux tests de planification, d'inhibition, d'alternance de tâches, de mémoire à court et à long terme car nous avons raison de croire qu'ils entraînent ces habiletés à travers leur sport comme illustré dans la section précédente (Thomas, 1994; Gréhaigne & al. 2001).

## 6. Méthodologie

### 6.1 Participants

En tout, 36 enfants ont participé à la présente étude. Ils étaient tous âgés entre 10 et 12 ans à l'exception d'un athlète de natation et d'un joueur de basketball, tous deux âgés de 9 ans. Les niveaux scolaires s'étendaient donc de la 4<sup>e</sup> à la 6<sup>e</sup> année du primaire, avec seulement les deux enfants âgés de 9 ans en 4<sup>e</sup> année. Les 36 participants étaient répartis en trois groupes de la façon suivante : 14 joueurs de basketball, 12 athlètes de natation et 10 enfants peu actifs ne faisant partie d'aucun sport organisé. Seulement des garçons ont été inclus dans l'étude à cause des différences inter-genre connues sur la performance cognitive à cet âge, tels que la rotation mentale, la vitesse de traitement de l'information et la capacité d'inhibition (Roberts & Martha, 2000; Berlin & Bohlin, 2002; Brocki & Bohlin 2004).

Pour faire partie de la présente étude aucun des participants ne devait présenter de troubles d'apprentissage, de troubles neurologiques, de commotions cérébrales ou de problèmes de santé physique connus. Ils devaient tous avoir une vision normale ou normale après correction. Ceci a été vérifié à l'aide d'un questionnaire rempli par les parents (voir document à l'annexe I). De plus, des critères d'inclusion étaient propres à chacun des groupes. Spécifiquement, pour les groupes de basketball et de natation, les participants devaient avoir au moins un an d'expérience dans leur sport, c'est-à-dire en être au moins à leur 2<sup>e</sup> année de pratique. Ils devaient également rapporter être actifs au moins 10 mois par année. Selon le National Association for Sport and Physical Education (2004), un enfant âgé entre 5

et 12 ans est considéré actif s'il accumule au moins 60 minutes d'activité physique modérée pour tous ou la plupart des jours de la semaine. Concernant le groupe d'enfants ne faisant partie d'un sport organisé, afin d'être considéré peu actif et d'être inclus dans l'étude, l'activité physique des sujets ne devait pas excéder 90 minutes par semaine, en dehors des cours d'éducation physique et des récréations (Nolin & Hamel, 2005). Par contre étant donné la difficulté de recruter de tels participants, nous avons inclus dans ce groupe deux enfants avec un niveau d'activité physique de 3h par semaine. Ceci a été vérifié à l'aide d'un questionnaire d'activités physiques, rempli par les parents et leur enfant lors de la période de recrutement (voir document à l'Annexe II). Toujours à l'aide de questionnaires, nous avons également recueilli des informations concernant le statut socio-économique, les habitudes alimentaires (voir document à l'Annexe III et IV), l'estime de soi et l'indice de masse corporelle. Nous avons pris ces facteurs en compte car des études antérieures ont suggéré qu'ils peuvent avoir un impact sur les résultats académiques (Coakley, 1993; Kim & al. 2003; Selcuk, 2005; Kristjánsson, Sigfúsdóttir & Allegrante, 2008) et seraient donc susceptibles d'influencer certaines fonctions intellectuelles.

Un seul participant faisant partie du groupe de basketball ne rencontrait pas le critère de commotion cérébrale. Nous l'avons quand même inclus dans l'étude compte tenu que ses résultats correspondaient à ceux de son groupe.

## **6.2 Procédure**

Le consentement écrit des parents, ainsi que l'assentiment verbal de l'enfant ont été obtenus avant de débiter les tests. Nous avons ensuite fait parvenir les quatre

courts questionnaires aux parents. Par la suite, nous avons invité les enfants qui rencontraient les critères d'inclusion à se présenter à deux séances d'évaluation. La première rencontre était consacrée à l'évaluation de la condition physique. Cette rencontre durait environ 1h et était faite de manière collective. Pour les groupes de basketball et de natation, l'évaluation de la condition physique s'est déroulée durant l'une de leur pratique hebdomadaire. Pour le groupe d'enfants ne faisant partie d'aucun sport organisé, cette séance s'est déroulée durant les heures de classe, au gymnase de leur école. La deuxième rencontre servait à l'évaluation des fonctions cognitives et débutait par un questionnaire d'estime de soi. Cette rencontre durait environ 1h à 1h15 et était faite de manière individuelle. Pour la majorité des participants, cette séance s'est déroulée dans leur établissement scolaire, durant les heures de classe. Pour le reste, elle s'est déroulée au centre sportif où ils pratiquaient. Tous les tests ont été administrés par l'étudiant à la maîtrise et auteur du présent mémoire, assurant ainsi l'uniformité des séances d'évaluation. Vous trouverez ci-dessous, une description détaillée des séances, ainsi que des tests utilisés selon l'ordre de passation.

### **6.3 Séance 1**

La séance d'évaluation de la condition physique débutait par la prise de mesures corporelles incluant la grandeur et le poids, afin de calculer l'indice de masse corporelle. Elle se poursuivait avec le test navette 20-mètres, pour terminer avec l'évaluation de la force des membres supérieurs par un test d'extension des bras.



### 6.3.1 *Indice de masse corporelle (IMC)*

L'IMC permet d'évaluer la corpulence d'une personne, ainsi que les risques potentiels sur sa santé. Il se calcul à l'aide de la formule suivante : poids (kg) / taille (cm)<sup>2</sup> (Daniels, Khoury & Morrison 1997).

### 6.3.2 *Test navette 20-mètres*

Il s'agit d'un test progressif maximal indirect, permettant d'estimer la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max). Les participants doivent courir le plus longtemps possible entre deux lignes espacées de 20 mètres, en respectant un rythme de course qui s'accélère à toutes les minutes (départ à 8,5km/h et augmentation de 0.5km/h à chaque minute). La vitesse est déterminée par des signaux sonores enregistrés sur un CD. Lorsque l'enfant n'est plus en mesure de suivre le rythme, cela indique qu'il a atteint sa capacité maximale. On utilise alors la vitesse correspondante au dernier palier atteint et l'âge de l'enfant comme variable d'une formule qui donne le VO<sub>2</sub> max de ce dernier. Le test dure en moyenne 4 à 8 minutes et se termine lorsque l'enfant n'est plus capable de suivre la cadence imposée ou lorsqu'il décide lui-même d'y mettre un terme. Le test navette est un des tests les plus utilisés pour estimer le VO<sub>2</sub>max chez l'enfant (Léger & Lambert, 1982; Tomkinson, Léger, Olds & Cazorla, 2003; Olds, Tomkinson, Léger & Cazorla 2006).

### 6.3.3 *Qualités musculo-squelettiques*

La force des membres supérieurs a été évaluée par un test d'extension des bras selon les directives du *Fitnessgram*. Cette batterie de tests utilise des critères de

références standards depuis plus de 20 ans chez les enfants. Les participants devaient faire le plus grand nombre de répétitions possible sans prendre de pause et en gardant un rythme d'exécution régulier. Les critères d'exécution étaient bien expliqués et démontrés avant chaque test et les évaluateurs s'assuraient qu'ils étaient bien respectés lors de la passation (Meredith & Welk, 2007).

## 6.4 Séance 2

Pour la deuxième séance d'évaluation, une batterie de huit tests neuropsychologiques a été élaborée afin d'évaluer différents aspects de la cognition. Le choix des tests a été fait en fonction de la région du cerveau qu'ils évaluaient, c'est-à-dire les lobes frontaux et temporaux. Les tests ont également été choisis en fonction de leur sensibilité face aux changements cognitifs et ont tous été validés par d'autres études scientifiques. L'ordre de passation des tests a été le même pour tous les sujets, afin de s'assurer que la fatigue affecte les mêmes tests pour tous les groupes. Une autre raison pour avoir gardé le même ordre de passation est que l'on devait faire un rappel différé 30 minutes après chaque test de mémoire. Les tests passés avant chacun des rappels différés étaient donc choisis pour avoir une durée de 30 minutes. Vous trouverez ci-dessous la description détaillée des tests utilisés selon l'ordre de passation.

### 6.4.1 *Échelle d'estime de soi de Rosenberg*

Ce questionnaire comporte dix questions concernant l'estime de soi globale qu'une personne peut avoir d'elle-même. Le participant doit répondre en encerclant le

chiffre qui correspond à son sentiment personnel par rapport aux énoncés. L'échelle s'étend de 1 à 4 où 1 correspond à « tout à fait en désaccord » et 4 à « tout à fait en accord ». Le pointage doit être inversé pour les questions 3-5-8-9 et 10, qui ont des formulations négatives. Le pointage final se situe donc entre 10 et 40 points. Un pointage élevé est associé avec une estime de soi élevée (Rosenberg, 1965 ; Gray-Little, Williams & Hancock, 1997).

#### 6.4.2 *Les 15 mots de Rey*

Ce test évalue la mémoire verbale immédiate et à long terme, ainsi que l'apprentissage, principalement régis par les lobes temporaux. Le test se déroule de la manière suivante : une liste de 15 mots est lue cinq fois (liste A) et le participant doit dire le plus de mots retenus après chaque lecture (mémoire immédiate et apprentissage). Ensuite, un rappel différé après 30 minutes est effectué durant lequel le participant doit redire le plus de mots conservés en mémoire de la liste A, sans que l'évaluateur la relise (mémoire à long terme). Le nombre de mots dits après la première lecture de la liste A est le pointage pour la mémoire immédiate et le nombre total de mots dits après les cinq lectures de cette même liste correspond à l'apprentissage. La mesure de la mémoire à long terme est donnée par le nombre de mots que le participant a été capable de se rappeler de la liste A après 30 minutes d'inférence (Rey, 1958 ; Schmidt, 1996).

#### *6.4.3 Tour d'Hanoi*

Ce test implique certaines fonctions exécutives des lobes frontaux telles que la planification de réponses et la résolution de problème. La tour comprend trois piquets et cinq disques de grosseurs différentes. À partir de positions de départ établies, on demande au participant de reproduire le plus rapidement possible, mais avec un minimum de déplacements, la pyramide de disques sur l'un des trois piquets tel qu'indiqué sur une image présentée. Le test débute avec seulement deux disques et augmente progressivement jusqu'à cinq, pour un total de neuf items. Un temps limite de 60 à 240 secondes est alloué pour reproduire la pyramide selon le niveau de difficulté de l'item. Les participants doivent également observer certaines règles lors des déplacements. En effet, ils ne peuvent déplacer qu'un seul disque à la fois et ils ne peuvent déposer un plus gros disque sur un plus petit. Les mesures pour ce test sont le nombre de déplacements total, le temps d'exécution et le nombre d'erreurs (Bishop, Aamodt-Leeper, Creswell, McGurk & Skuse, 2001).

#### *6.4.4 Empan auditif*

Ce test mesure la mémoire à court terme et de travail auditive, c'est-à-dire la capacité à maintenir de l'information en mémoire durant une courte période de temps et de la manipuler. Cette fonction est située principalement au niveau des lobes frontaux. La première condition du test est d'énumérer des séquences de chiffres au participant qui doit les redire dans le même ordre. Le nombre de chiffres par séquence s'étend de 2 à 9, avec deux essais différents par niveau. Le test s'arrête lorsque le participant n'arrive pas à redire la séquence de chiffre dans le bon ordre pour deux

essais du même niveau. Ce premier volet évalue la mémoire à court terme. La deuxième condition est similaire à la première dans le sens où l'évaluateur lit toujours des séquences de chiffres. Par contre, le participant doit maintenant les redire dans l'ordre inverse. Il doit donc partir du dernier chiffre et revenir à rebours jusqu'au premier. Le nombre de chiffres s'étend ici de 2 à 8, avec quatre essais à 2 chiffres et deux essais pour chacun des niveaux subséquents. Le test prend fin lorsque le participant n'est pas capable de redire la séquence dans l'ordre inverse pour deux essais du même niveau. Un point est accordé par essai réussi. Ce volet évalue la mémoire de travail. Le pointage final est le nombre de points cumulés, pour un maximum de 16 points par condition (Wechsler, 1997; Richardson, 2007).

#### *6.4.5 Test d'attention D2*

Ce test évalue l'attention sélective et l'attention soutenue, processus des lobes frontaux. C'est un test visuel où le participant doit barrer le plus de cibles possibles (« d » avec un total de deux barres; deux au-dessus, deux en-dessous ou une au-dessus et une en-dessous) tout en ignorant les distracteurs (« d » avec plus ou moins que deux barres et les « p » peu importe le nombre de barres). Le participant doit scruter un total de 14 lignes, à raison de 20 secondes par ligne, pour un total de 4 minutes 40 secondes. Il y a plusieurs mesures de performance pour ce test, notamment le nombre total d'éléments scrutés, le nombre d'erreurs d'omission, le nombre d'erreurs de commission et le nombre de cibles correctement barrées. La longue durée du test nous permet d'analyser l'attention soutenue du participant. La difficulté du test nous permet d'obtenir une mesure d'attention sélective, puisque le

participant doit sélectivement porter son attention aux cibles, tout en ignorant les distracteurs (Bates & Lemay, 2004).

#### *6.4.6 Bref test de mémoire visuo-spatiale*

Ce test évalue la mémoire visuelle immédiate et à long terme, ainsi que l'apprentissage. Comme le test de mémoire verbale, la mémoire visuelle est elle aussi régie principalement par les lobes temporaux. On présente au participant une feuille contenant six figures géométriques durant 10 secondes. Dès que l'expérimentateur enlève la feuille, le participant doit redessiner le plus exactement possible et aux mêmes endroits, les six figures présentées (mémoire immédiate). Le même processus est répété deux autres fois pour un total de trois essais (apprentissage). Un rappel différé 30 minutes plus tard est effectué afin de permettre au participant de redessiner le plus de figures géométriques retenues en mémoire, et ce sans qu'on lui remontre la feuille. Un point est accordé si la figure est bien dessinée et un autre si elle est à la bonne place sur la feuille. La mémoire immédiate est donc calculée sur 12 points, l'apprentissage sur 36 et la mémoire à long terme également sur 12 points (Benedict, Schretlen, Groninger, Dobraski & Shpritz, 1996).

#### *6.4.7 Wisconsin Card Sorting Task (WCST)*

Ce test permet d'évaluer certaines fonctions exécutives des lobes frontaux tels que la capacité à formuler des hypothèses et la catégorisation. Le but du WCST est de classer correctement des cartes ayant plusieurs caractéristiques communes, dans l'une des trois catégories possibles (couleur, forme ou nombre). Par contre, le participant ne

sait pas selon quelle catégorie il doit classer les cartes. C'est par la rétroaction de l'expérimentateur qui lui dit après chaque essai si la carte est classée correctement, qu'il doit inférer la règle de catégorisation. Après 10 cartes consécutives bien classées, la catégorie change sans que le participant ne soit prévenu ; il doit alors trouver la nouvelle façon de classer les cartes. Le test se termine lorsque le participant à réussi à classer correctement les cartes 10 fois de suite, deux fois par catégorie ou s'il a utilisé les 128 cartes allouées pour réussir le test. Les mesures qui ont été prises en compte sont le nombre de catégories complétées et le nombre de cartes utilisées pour y arriver (Berg, 1948; Grant & Berg, 1948; Heaton, Chelune, Talley, Kay & Curtis, 1993).

#### *6.4.8 Empan visuo-spatial*

Ce test mesure la mémoire immédiate et la mémoire de travail visuelle (lobes frontaux), c'est-à-dire la capacité de maintenir de l'information en mémoire durant une courte période de temps et de la manipuler. Il consiste en un groupe de 10 blocks de même grosseur, répartie aléatoirement sur une planche  $8^{1/2}$  par 11 pouces. Les blocks sont touchés par l'expérimentateur de façon aléatoire mais standard pour tous les participants, qui doivent retoucher les blocks dans l'ordre direct (mémoire à court terme) ou inverse (mémoire de travail) selon la condition expérimentale. Dans les deux conditions, le nombre de blocks touchés commence à deux et augmente de façon progressive jusqu'à un maximum de huit. Le test se termine lorsque le participant ne réussit pas à retoucher les blocks dans l'ordre demandé pour deux

essais consécutifs du même niveau. Un point est accordé par item réussi, pour un maximum de 16 points par condition (Corsi, 1972; Berch, Krikorian & Huha, 1998).

#### *6.4.9 Le test de couleur de Stroop*

Ce test a pour but d'évaluer l'interférence verbale, mesurée par la capacité d'inhibition et la flexibilité mentale, ce qui est régi par les lobes frontaux. Les deux premières conditions du test servent d'évaluation de base afin de s'assurer que le participant perçoit bien les couleurs et pour vérifier qu'il arrive à bien lire les mots. Les couleurs utilisées dans le Stroop sont le bleu, le vert et le rouge. Chacune des conditions est présentée sur une feuille 8<sup>1/2</sup> par 11 pouces et comporte un essai de pratique à 10 items et le test lui-même a 50 items. Dans la condition 1, le participant doit nommer la couleur des barres. Pour la condition 2, il doit simplement lire les mots représentant les couleurs, écrits à l'encre noire. Dans la condition 3, les mots représentant les couleurs sont écrits avec une encre conflictuelle (p. ex., le mot vert écrit avec une encre rouge : vert). Le participant doit ici inhiber son premier réflexe qui est de lire le mot et doit nommer la couleur de l'encre. La condition 4 consiste à alterner entre deux tâches, soit nommer la couleur de l'encre comme dans la condition 3, soit lire les mots lorsqu'ils sont encadrés. La mesure du test de Stroop est le temps pris pour compléter chaque condition (Stroop, 1935; Homack & Riccio, 2004).



## **7. Analyse statistique**

Toutes les analyses statistiques ont été conduites avec le logiciel SPSS 16.0. Une série d'analyse de variance (ANOVA) simple a été utilisée afin de comparer les trois groupes (contrôle, basketball, natation) à chacune des mesures neuropsychologiques, démographiques, psychosociales, habitudes de vie et de la condition physique. Le test de Levene a été utilisé afin de vérifier l'homogénéité de la variance. Lorsque ce test était significatif, nous avons transformé les données en base log10 et nous les avons ensuite ré-analysées de façon standard. Des analyses post-hoc de type Tukey ont été effectuées lorsqu'il y avait un effet significatif pour le facteur groupe. Pour toutes les conditions, nous avons remplacé les données déviantes selon la procédure de Kirk (1989). De manière plus spécifique, nous avons remplacé les données qui étaient à  $\pm 2,5$  écarts types de la moyenne, par la moyenne initiale du groupe.

## **8. Résultats**

### **8.1 Variables démographiques, psychosociales, alimentaires et intellectuelles**

Le Tableau I présente les résultats concernant les caractéristiques démographiques, psychosociales, alimentaires et intellectuelles des trois groupes qui ont participé à l'étude. L'ANOVA démontre qu'il n'y avait pas de différence significative au niveau du statut socio-économique de la famille des participants, de l'âge, de l'estime de soi et sur la mesure des habitudes alimentaires des enfants ( $ps > 0,05$ ).

**Tableau I** - Caractéristiques démographiques, psychosociales, alimentaires et intellectuelles

|                                | <b>Contrôle</b><br>Moyenne<br>(écart type) | <b>Basketball</b><br>Moyenne<br>(écart type) | <b>Natation</b><br>Moyenne<br>(écart type) | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------------|--|--|--|----------|----------|
| <b>Statut socio-économique</b> | 12,25<br>(2,24)                            | 12,70<br>(1,09)                              | 12,58<br>(2,04)                            | 0,192    | 0,827    |
| <b>Âge</b>                     | 11,23<br>(0,60)                            | 11,52<br>(0,90)                              | 11,53<br>(0,81)                            | 0,487    | 0,619    |
| <b>Estime de soi</b>           | 31,60<br>(4,30)                            | 33,14<br>(5,25)                              | 32,83<br>(3,83)                            | 0,355    | 0,703    |
| <b>Alimentation</b>            | 15,90<br>(1,20)                            | 16,79<br>(1,76)                              | 17,17<br>(2,44)                            | 1,259    | 0,297    |

Le Tableau II présente les résultats concernant les mesures de la condition physique des participants. L'ANOVA sur le nombre d'années d'expérience en sport indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 68,06$  ( $p < 0,001$ ). L'analyse post hoc indique que les deux groupes de sportifs avaient un nombre d'années d'expérience plus élevé que le groupe contrôle ( $ps < 0,001$ ), sans différence entre les deux groupes de sportifs ( $p > 0,05$ ). Des résultats similaires ont été obtenus pour le  $VO_2$  max. L'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 13,20$  ( $p < 0,001$ ). L'analyse post hoc indique que les groupes de sportifs présentaient un meilleur  $VO_2$ max que le groupe contrôle ( $ps < 0,001$ ), sans différence entre les nageurs et les joueurs de basketball ( $p > 0,05$ ). Concernant le nombre d'heures d'activité physique par semaine, l'ANOVA révèle un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 40,10$  ( $p < 0,001$ ). L'analyse post hoc indique une différence significative entre le groupe contrôle et les deux groupes de sportifs en faveur de ces derniers ( $ps < 0,001$ ), mais également entre le groupe de basketball et le groupe de natation ( $ps < 0,001$ ), en faveur de ce dernier. Au niveau du nombre maximal

d'extensions des bras, l'ANOVA révèle un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 15,54$  ( $p < 0,001$ ). L'analyse post hoc indique que les sportifs ont effectué un plus grand nombre d'extension des bras que le groupe contrôle ( $ps < 0,001$ ), sans différence entre les nageurs et les joueurs de basketball ( $p > 0,05$ ). Finalement, malgré le fait qu'on ait observé des différences significatives au niveau de la condition physique, l'ANOVA démontre qu'il n'y avait pas de différence significative au niveau de l'IMC des participants ( $ps > 0,05$ ).

**Tableau II** Résultats aux mesures de la condition physique

|  | <b>Contrôle</b><br>Moyenne<br>(écart type) | <b>Basketball</b><br>Moyenne<br>(écart type) | <b>Natation</b><br>Moyenne<br>(écart type) | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--|--|--|--|----------|----------|
| <b>Nombre d'années d'expérience en sport</b>           | 0,00<br>(0,00)                             | 2,71<br>(0,61)                               | 2,96<br>(0,92)                             | 68,057   | 0,001    |
| <b>VO<sub>2</sub>max</b>                               | 41,23<br>(2,82)                            | 46,46<br>(4,97)                              | 50,28<br>(3,90)                            | 13,203   | 0,001    |
| <b>Nombre d'heures d'activité physique par semaine</b> | 0,90<br>(1,35)                             | 4,50<br>(0,00)                               | 7,42<br>(2,68)                             | 40,101   | 0,001    |
| <b>Nombre maximal d'extension des bras</b>             | 9,78<br>(2,97)                             | 24,58<br>(9,56)                              | 34,08<br>(14,07)                           | 15,539   | 0,001    |
| <b>IMC</b>   | 17,91<br>(3,20)                            | 19,51<br>(3,42)                              | 17,64<br>(2,01)                            | 1,504    | 0,237    |

## 8.2 Tests neuropsychologiques – fonctions temporeles et mnésiques

La figure 2 présente les résultats des trois groupes au test des 15 mots de Rey pour le volet apprentissage auditif. L'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 11,591$  ( $p < 0,001$ ). L'analyse post hoc indique une différence significative en faveur des groupes de sportifs comparativement au groupe contrôle ( $ps < 0,001$ ), sans différence entre les nageurs et les joueurs de basketball ( $p > 0,05$ ). La figure 3 présente les résultats concernant la mémoire à long terme auditive. L'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 6,378$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc indique encore une fois une différence significative en faveur des deux groupes de sportifs comparativement au groupe contrôle ( $ps < 0,001$ ), sans différence entre les nageurs et les joueurs de basketball ( $p > 0,05$ ).

**Figure 2**

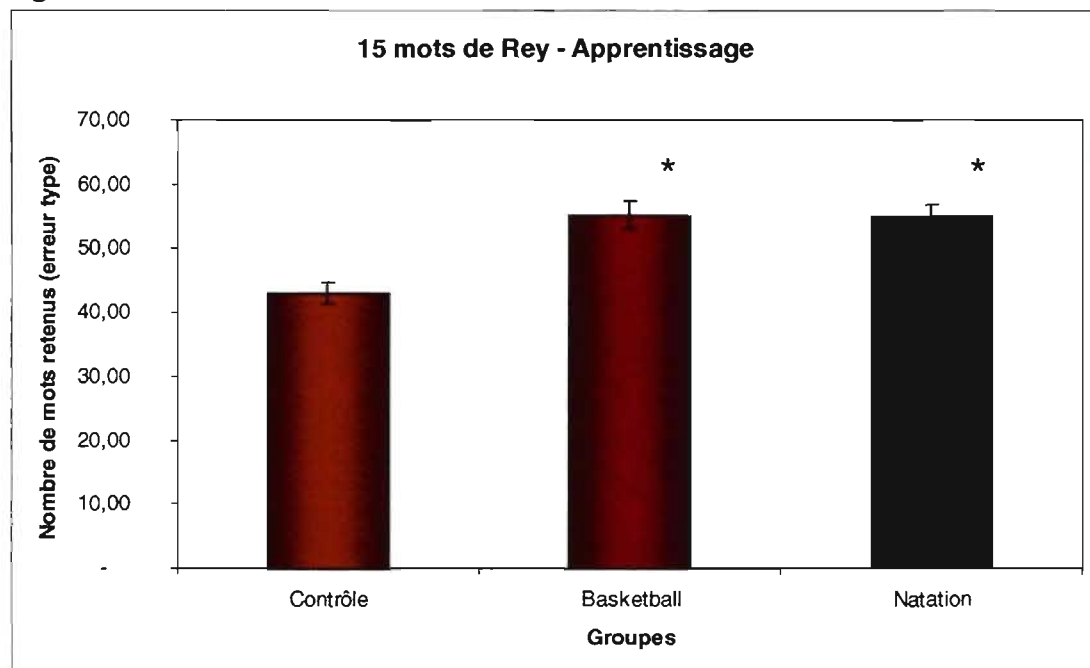
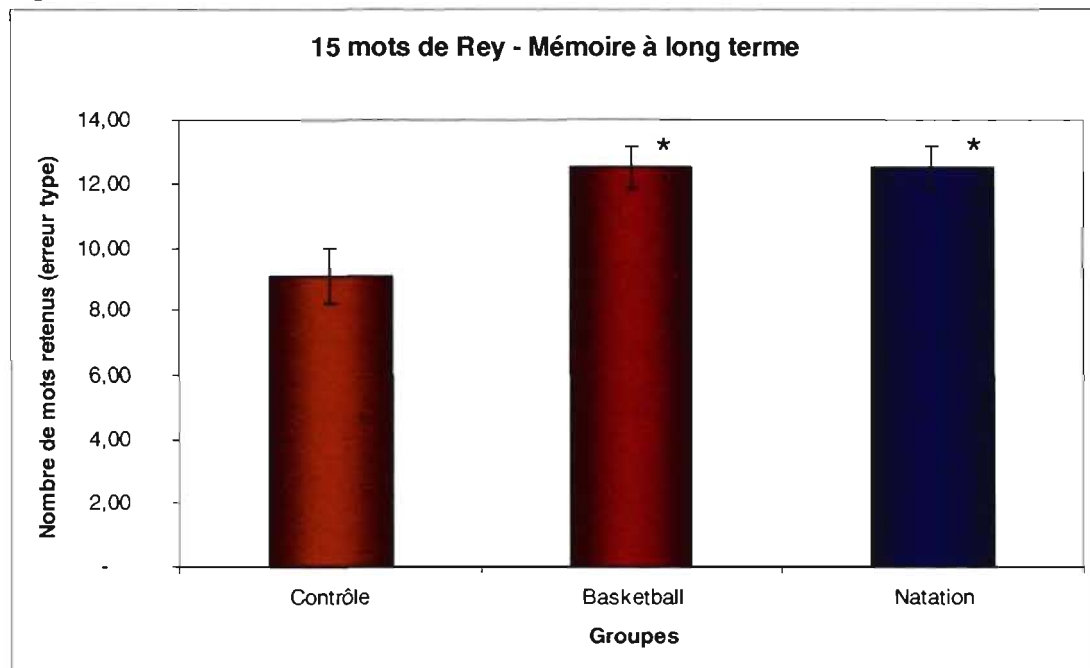


Figure 3



La figure 4 présente les résultats au bref test de mémoire visuo-spatial, pour la condition d'apprentissage. L'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 7,098$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc indique une différence significative entre le groupe contrôle et le groupe de natation en faveur de ce dernier ( $p < 0,05$ ). La différence entre le groupe de basketball et le groupe contrôle était presque significative ( $p=0,055$ ), en faveur des joueurs de basketball. La figure 5 présente les résultats pour la condition de mémoire à long terme visuelle. Des résultats similaires à la condition précédente ont été obtenus. En effet, l'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 4,644$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc indique encore une fois une différence significative entre le groupe contrôle et le groupe de natation en faveur de ce dernier ( $p < 0,05$ ). La différence entre le

groupe de basketball et le groupe contrôle était encore une fois presque significative ( $p=0,069$ ), en faveur des joueurs de basketball.

**Figure 4**

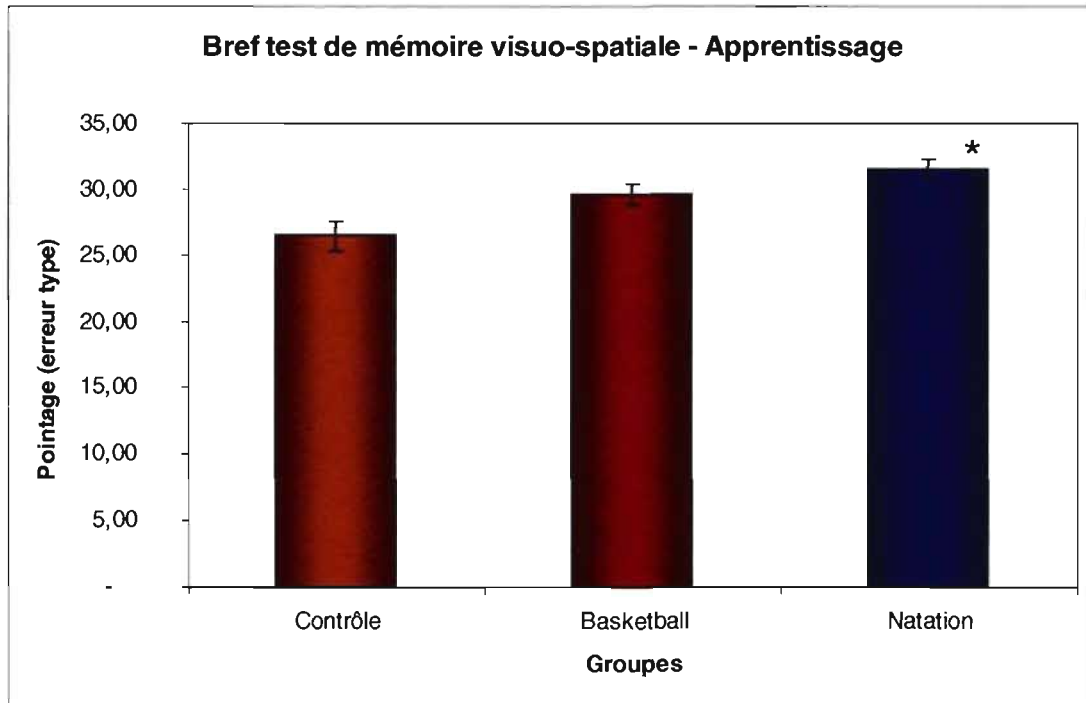
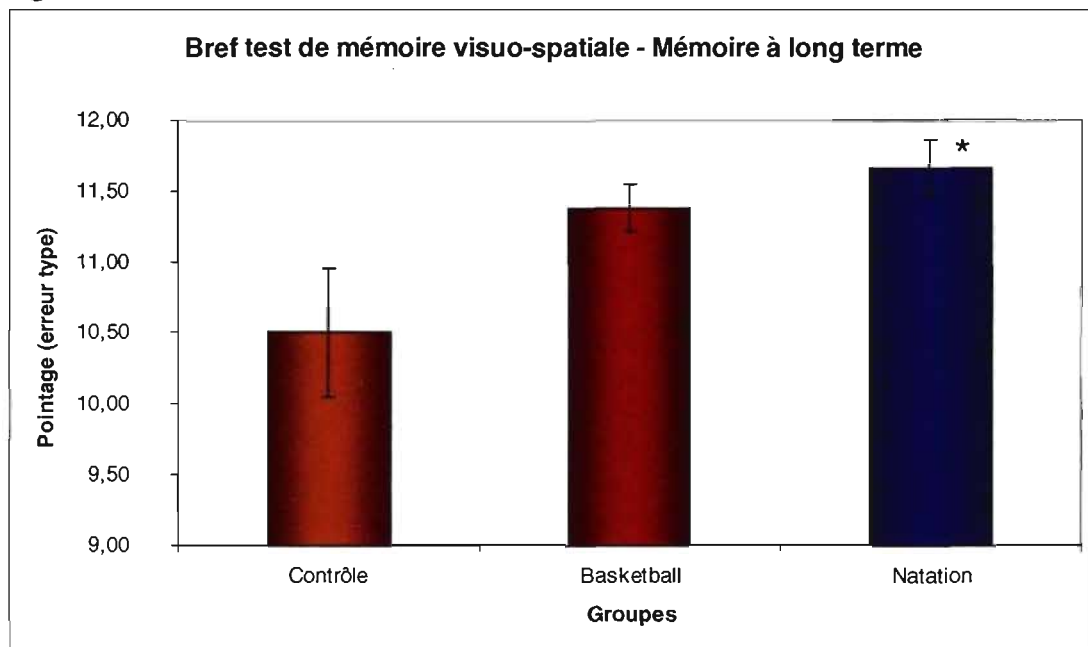


Figure 5



### 8.3 Tests neuropsychologiques – fonctions frontales et exécutives

La section qui suit présente les figures de plusieurs tests évaluant la mémoire immédiate. La figure 6 présente les résultats du 1<sup>er</sup> essai au test des 15 mots de Rey. L'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 5,888$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc démontre que les deux groupes de sportifs étaient meilleurs que le groupe contrôle ( $ps < 0,05$ ), sans différence entre les nageurs et les joueurs de basketball ( $p > 0,05$ ). La figure 7 présente les résultats du 1<sup>er</sup> essai au bref test de mémoire visuelle. L'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 5,178$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc indique une différence significative entre le groupe contrôle et le groupe de natation en faveur de ce dernier ( $p < 0,05$ ). Aucun effet significatif n'a été observé entre le groupe de basketball et les deux autres groupes ( $ps > 0,05$ ). La figure 8 présente les résultats au test d'Empan auditif en ordre

directe. L'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 5,149$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc indique que les deux groupes de sportifs étaient meilleurs que le groupe contrôle ( $ps < 0,05$ ), sans différence entre les nageurs et les joueurs de basketball ( $p > 0,05$ ). Finalement, la figure 9 montre les résultats au test d'Empan visuel. L'ANOVA démontre qu'il n'y avait pas de différence significative entre les trois groupes ( $ps > 0,05$ ).

**Figure 6**

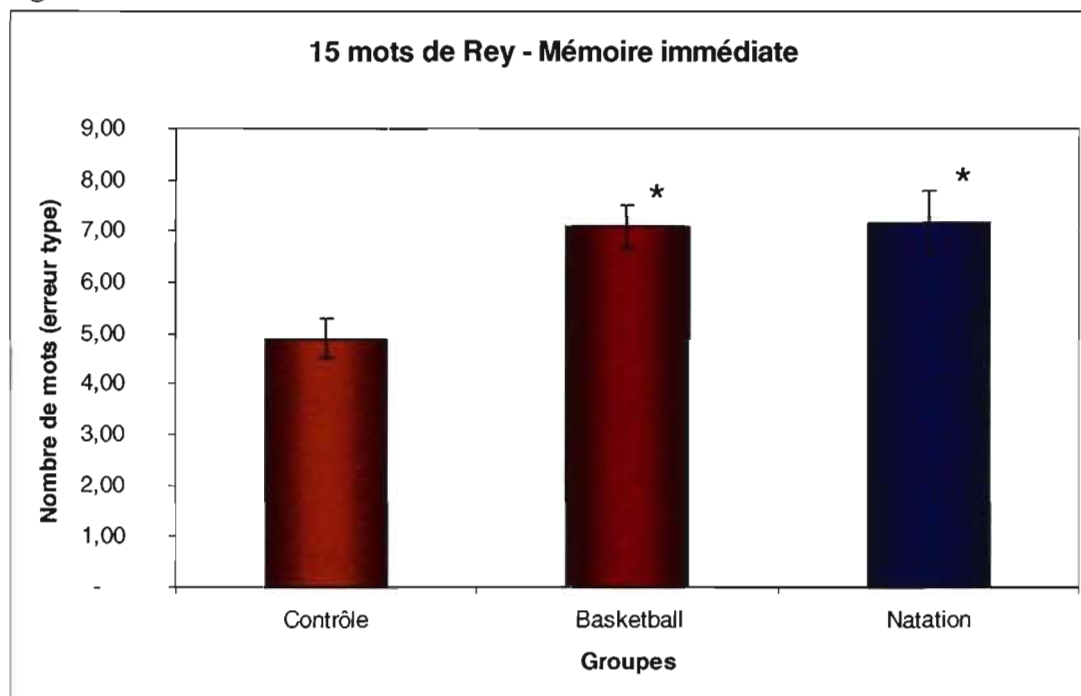




Figure 7

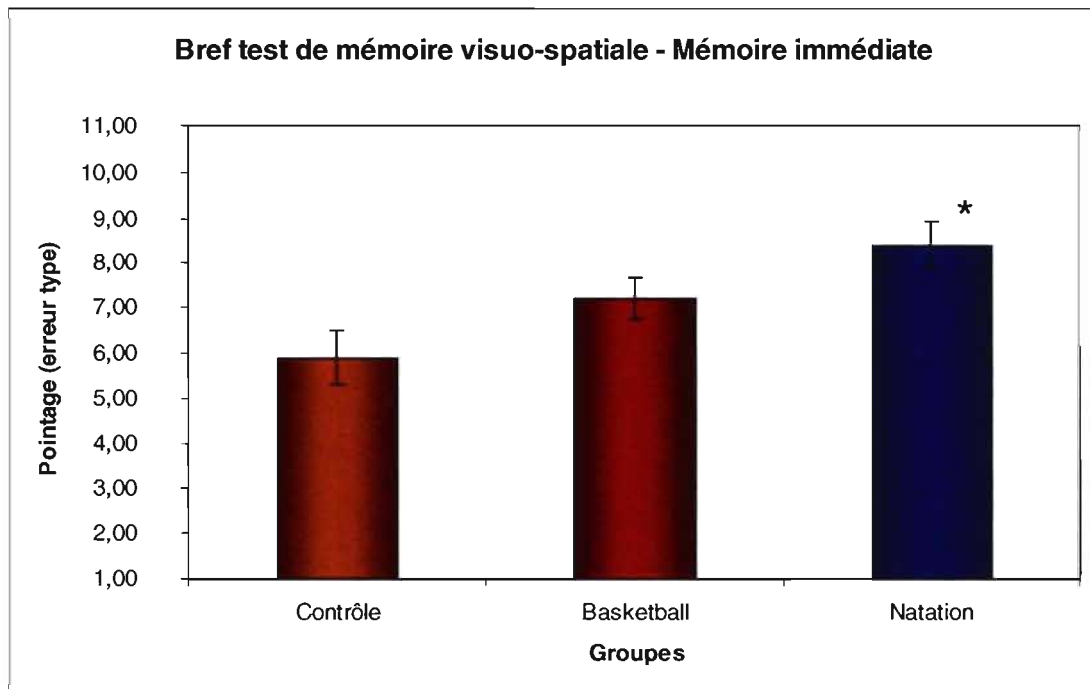
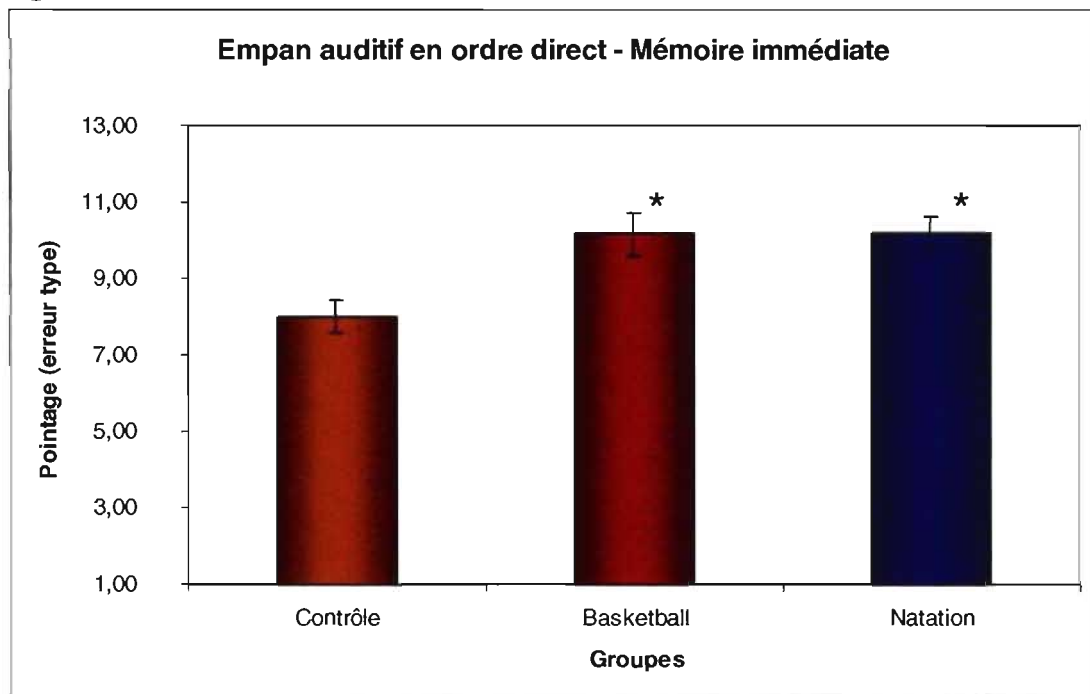
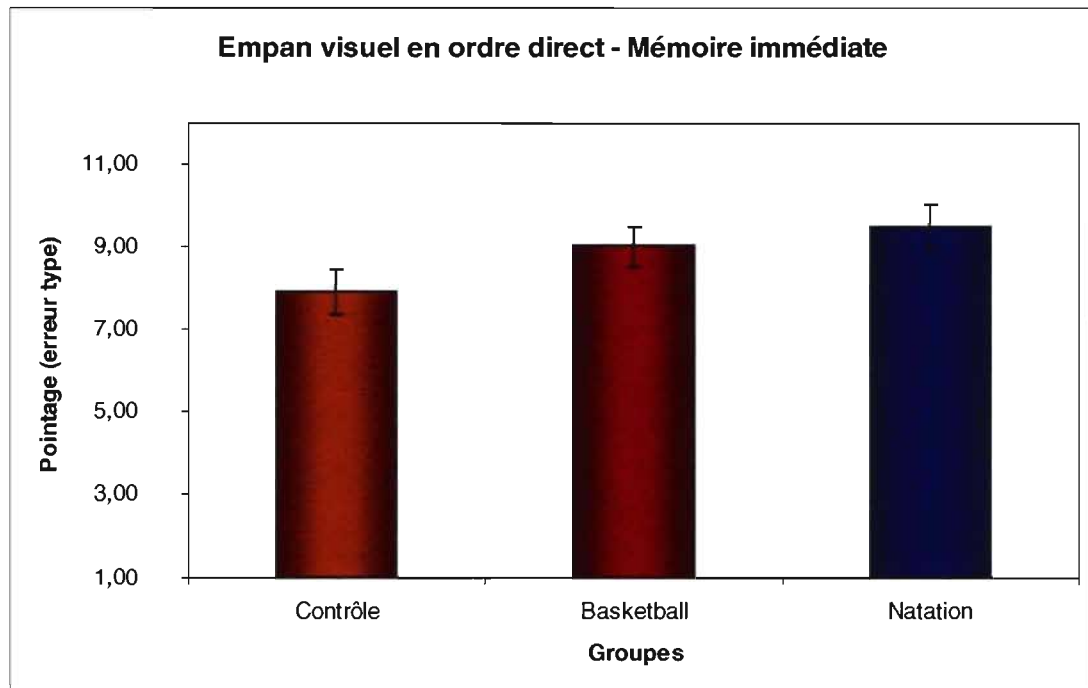


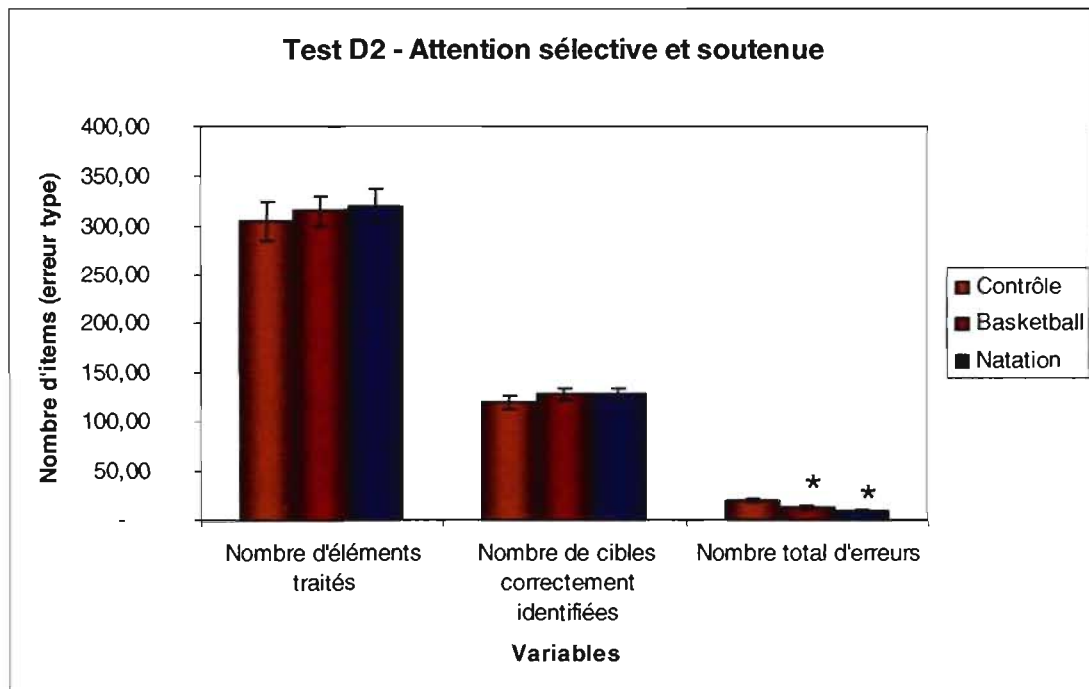
Figure 8



**Figure 9**

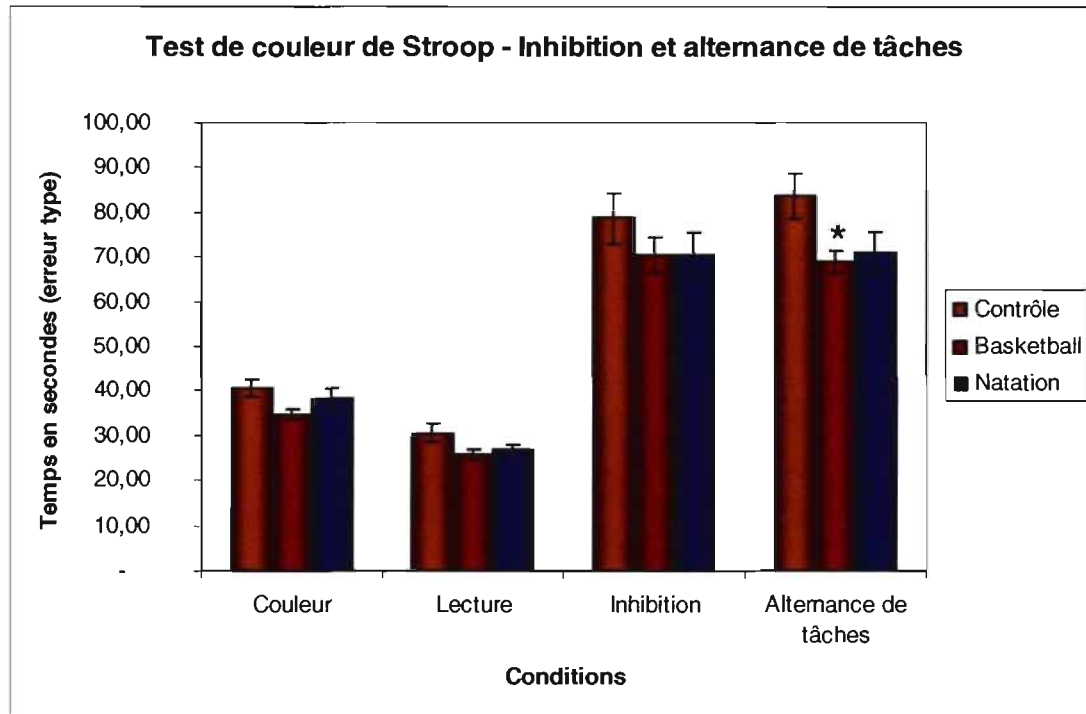
La figure 10 présente les résultats au test d'attention D2 pour le nombre de cibles correctement identifiées, le nombre d'éléments traités et le nombre d'erreurs total. L'ANOVA ne démontre aucune différence significative entre les trois groupes pour les deux premières variables ( $ps > 0,05$ ). Par contre, concernant le nombre total d'erreurs l'ANOVA indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 5,825$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc indique que le groupe contrôle a fait significativement plus d'erreurs comparativement aux groupes de sportifs ( $ps < 0,05$ ), sans différence entre les nageurs et les joueurs de basketball ( $p > 0,05$ ).

Figure 10



La figure 11 présente les résultats pour toutes les conditions et pour les trois groupes au test de couleur de Stroop. L'ANOVA n'indique aucune différence significative entre les groupes au niveau des trois premières conditions ( $p_s > 0,05$ ). Par contre, l'ANOVA pour la condition d'alternance de tâches indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 3,538$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc fait part d'une différence significative seulement entre le groupe contrôle et le groupe de basketball en faveur de ce dernier ( $p < 0,05$ ). Aucun effet significatif n'a été observé entre le groupe de natation et les deux autres groupes ( $p_s > 0,05$ ).

Figure 11



Les figures 12a et 12b présentent les résultats aux deux tests de mémoire de travail, soit l'Empan auditif et l'Empan verbal en ordre inverse. L'ANOVA pour l'Empan auditif indique un effet significatif pour le facteur groupe  $F_{2,33} = 7,140$  ( $p < 0,05$ ). L'analyse post hoc indique une différence significative entre le groupe contrôle et les deux groupes de sportifs en faveur de ces derniers ( $ps < 0,05$ ), sans différence entre les sportifs ( $p > 0,05$ ). L'ANOVA pour l'Empan visuel quant à lui ne démontre aucune différence significative entre les trois groupes ( $ps > 0,05$ ).

Figure 12a

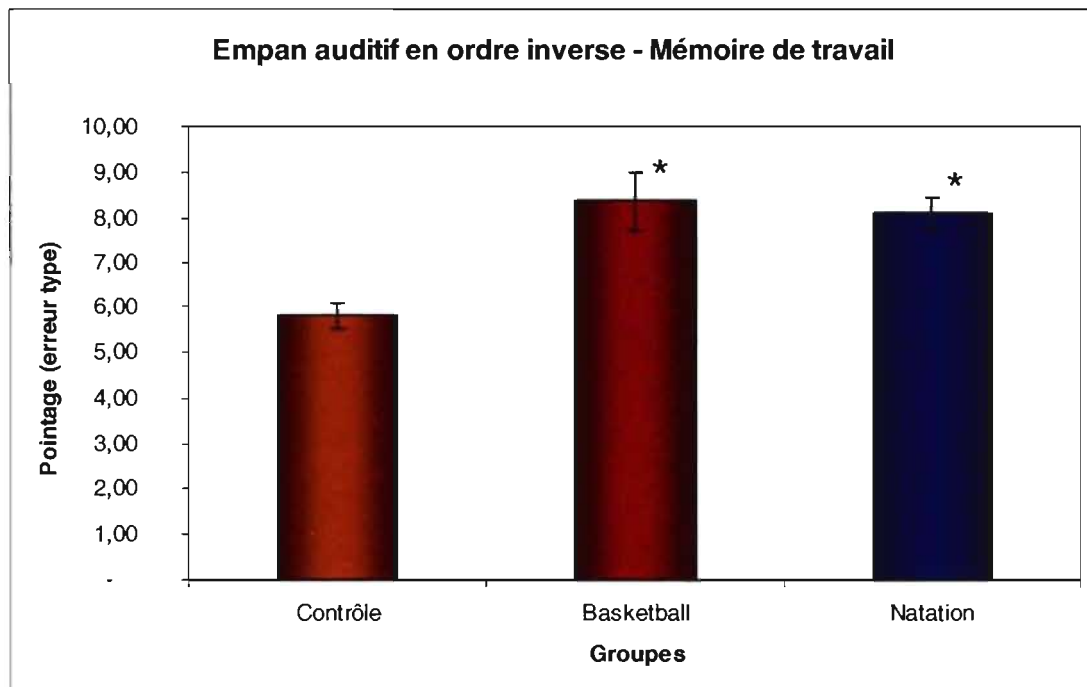
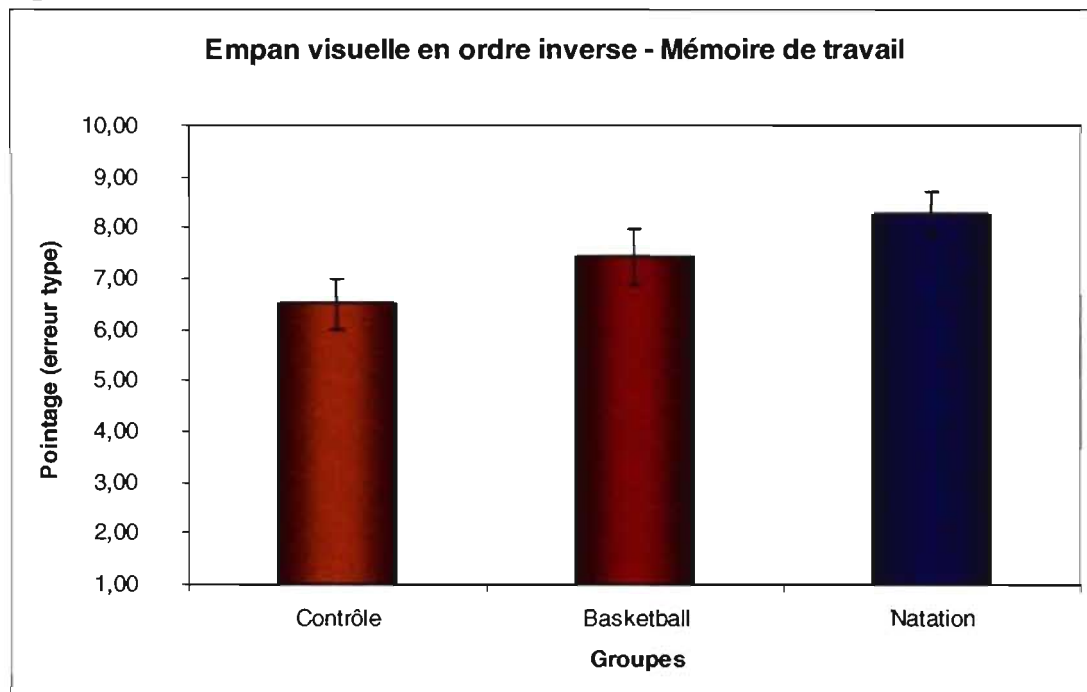


Figure 12b



Les figures 13a et 13b présentent les résultats du test de catégorisation (WISC). L'ANOVA démontre qu'il n'y avait aucune différence significative entre les trois groupes de participants, tant au niveau du nombre de cartes utilisées, qu'au niveau du nombre de catégories complétées ( $ps > 0,05$ ).

Figure 13a

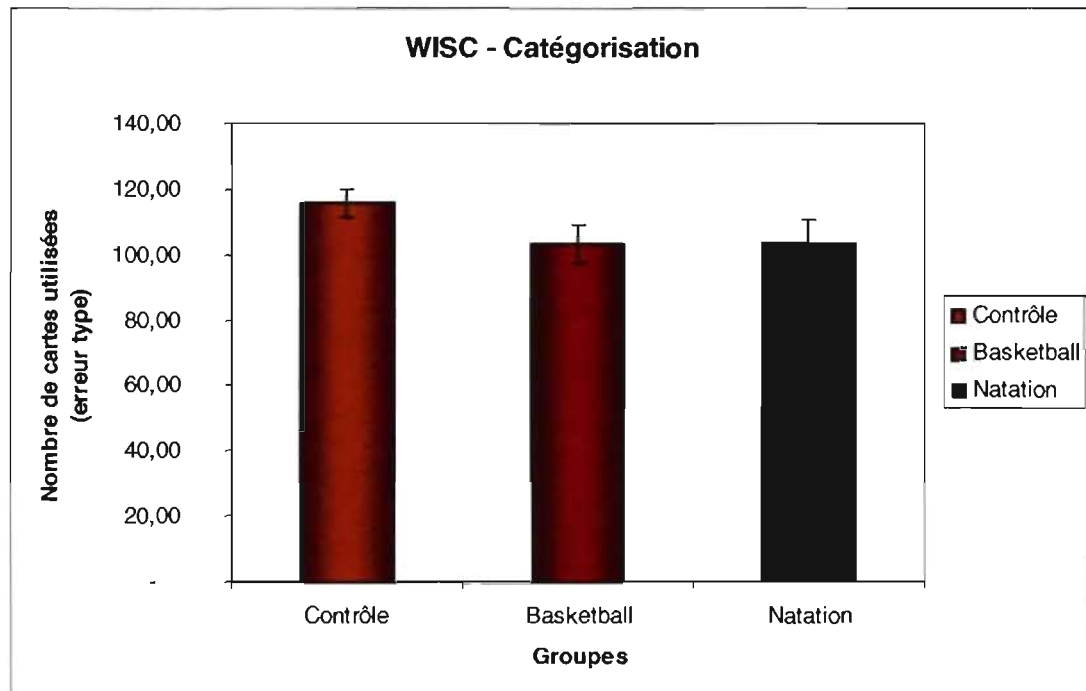
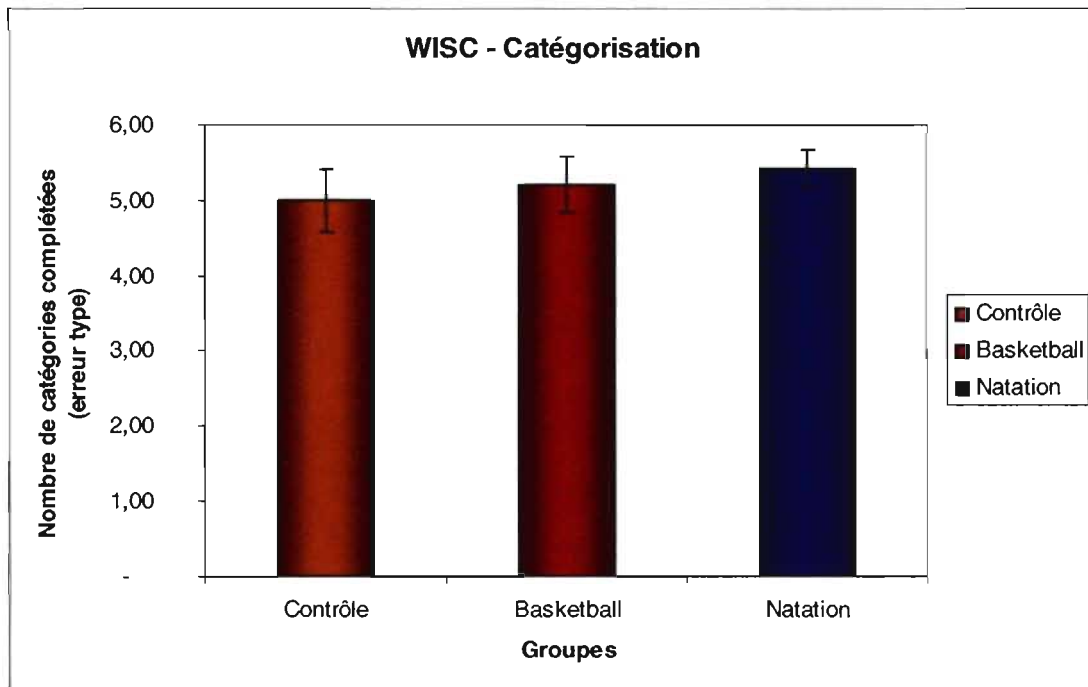


Figure 13b



Finalement, les figures 14a et 14b présentent les résultats au test de planification de la tour d'Hanoï. L'ANOVA ne démontre aucune différence significative entre les trois groupes, tant au niveau du nombre de déplacements, qu'au niveau du temps d'exécution ( $ps > 0,05$ ).

Figure 14a

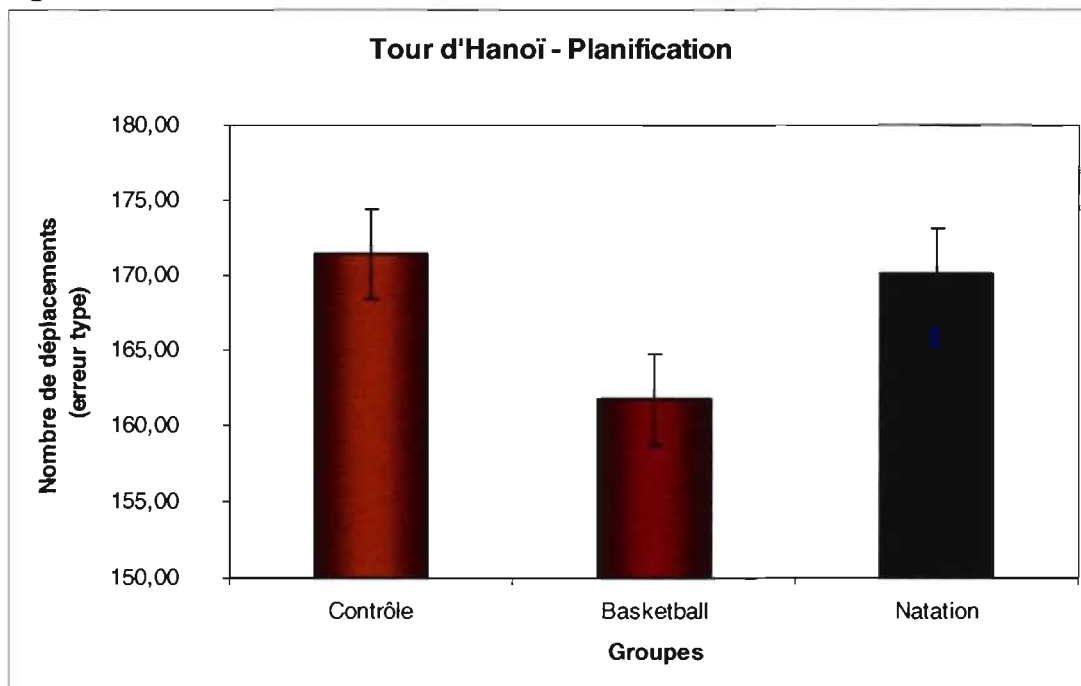
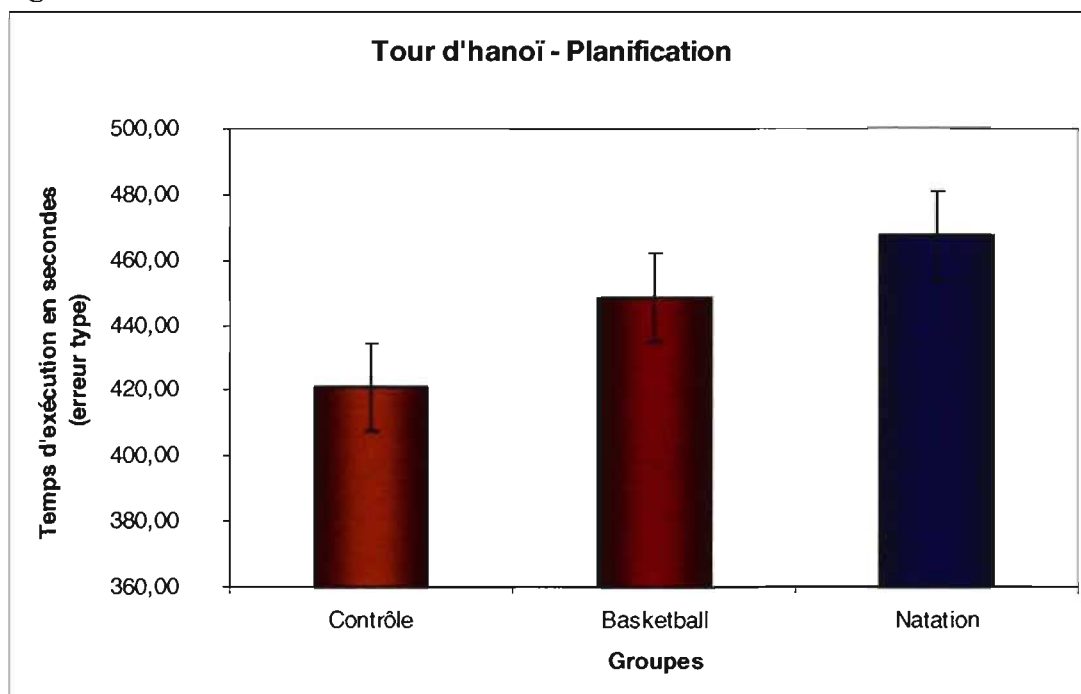


Figure 14b





## 9. Discussion

L'objectif de la présente étude était d'évaluer l'effet de la participation à un sport organisé sur le fonctionnement cognitif des enfants. Pour ce faire, nous avons fait passer différents tests neuropsychologiques à des enfants faisant partie d'équipes de basketball, de clubs de natation et des enfants peu actifs.

La première hypothèse était que les enfants sportifs obtiendraient de meilleurs résultats aux tests cognitifs comparativement aux groupes d'enfants peu actifs. Les résultats obtenus aux différents tests suggèrent effectivement que la pratique sportive régulière a un impact significatif sur plusieurs fonctions cognitives, et ce tant pour les joueurs de basketball que pour les nageurs. Les groupes de sportifs ont en effet obtenu de meilleurs résultats au test des 15 mots de Rey pour les conditions d'apprentissage et de mémoire à long terme. Ils ont mieux performé au test d'Empan auditif en ordre inverse qui évalue la mémoire de travail. Les sportifs ont également obtenus de meilleurs résultats aux deux tests de mémoire immédiate auditive, c'est-à-dire la première lecture des 15 mots de Rey et l'Empan auditif en ordre direct. Bien que tous les groupes étaient similaires au test d'attention D2 au niveau du nombre d'éléments traités et du nombre de cibles correctement identifiées, le groupe contrôle a fait significativement plus d'erreurs que les deux groupes de sportifs. Ceci suggère que les enfants du groupe contrôle étaient moins attentifs que les deux groupes de sportifs.

Contrairement aux études qui ont regardé l'effet de la pratique de sports organisés sur les résultats académiques (Ray, 1940; Eidsmoe, 1964; Fejgin, 1994;

Jordan, 1999; Lipscomb, 2007) ou à l'étude de Benguigui et Ripoll (1998) qui a utilisé une tâche spécifique au sport investigué, notre étude rapporte que la pratique de sports organisés a un lien avec les fonctions cognitives de l'enfant. De plus, notre étude est la seule à avoir contrôlé pour l'ensemble des facteurs confondants suivant : le statut socio-économique, l'estime de soi, l'IMC et les habitudes alimentaires, pour lesquels nos groupes étaient appariés.

Les résultats de la présente étude confirment également notre deuxième hypothèse qui stipulait que l'activité physique a un effet plutôt global sur le cerveau de l'enfant dans la mesure où nous avons trouvé des améliorations tant au niveau de certaines fonctions frontales qu'au niveau de fonctions temporelles. Spécifiquement, les sportifs ont obtenu de meilleurs résultats au test de mémoire à long terme des 15 mots de Rey sollicitant des fonctions temporelles, par rapport au groupe d'enfants peu actifs. Les sportifs ont également mieux performé à plusieurs tests évaluant des fonctions frontales tels que la mémoire à court terme, la mémoire de travail et l'attention.

Plusieurs facteurs neurophysiologiques en lien avec l'activité physique pourraient expliquer ces résultats. Des études chez le rat, la souris et des adultes âgés ont permis de faire ressortir plusieurs observations intéressantes. D'abord, l'activité physique fait augmenter le débit sanguin au cerveau durant et après une séance d'activité physique (Dishman, Berthoud, Booth & al. 2006; Pereira, Huddleston, Brickman & al. 2007). Ceci est accompagné d'une augmentation de certains neurotransmetteurs dans le cerveau tels que la sérotonine (Churchill, Galvez, Colcombe & al. 2002; Kramer, Erickson & Colcombe 2006) l'acétylcholine (Kramer

& al. 2006) et la dopamine (Dishman & al. 2006) ainsi que la densité des ses récepteurs (Colcombe, Erickson & Raz, 2003). La sérotonine est notamment impliquée dans les processus tels que l'attention soutenue et possiblement dans la flexibilité cognitive (Evers, Van der Veen, Fekkes, & Jolles, 2007; Wingen, Kuypers, Van de Ven, Formisano & Ramaekers, 2008). Cette dernière fonction est l'habileté d'adapter nos stratégies cognitives pour faire face à de nouvelles conditions environnementales (Evers & al. 2007). L'acétylcholine et la dopamine sont quant à elles impliquées dans les processus tels que l'apprentissage et la mémoire (Gold, 2003; Dickinson-Anson, Winkler & Fisher, 2003; Wise, 2004).

Une autre explication possible sous-jacente à l'amélioration des fonctions intellectuelles chez les sportifs serait la neurogenèse, c'est-à-dire la création de nouvelles cellules neuronales dans le cerveau. Deux substances seraient principalement associées à la neurogenèse. La sérotonine, qui comme nous l'avons vu précédemment est augmentée par l'exercice (Churchill & al. 2002) et le facteur neurotrophique dérivé du cerveau (FNDC), qui est également augmentée par l'exercice. L'action de la sérotonine serait principalement au niveau du thalamus et du cortex préfrontal, régions associées à l'attention soutenue ainsi qu'à l'éveil (Wingen & al. 2008). Le FNDC quant à lui agirait principalement au niveau de l'hippocampe, cette structure de la face médiane des lobes temporaux qui est impliquée dans les fonctions telles que l'apprentissage et la mémoire à long terme (Churchill & al. 2002 ; Colcombe & al. 2003 ; Dishman & al. 2006).

Des études chez l'humain ont également démontré une augmentation du volume du cerveau chez des adultes actifs et chez des adultes ayant fait partie d'un

groupe qui pratiquait des activités aérobies. Plus précisément, des augmentations du volume de la matière grise et de la matière blanche dans les cortex préfrontal, frontal, pariétal et temporal ont été rapportées. Ces structures corticales sont notamment impliquées dans les fonctions tels que l'inhibition, la mémoire de travail, l'alternance de tâches, la mémoire à long terme et l'intelligence générale (Colcombe & al. 2003; Colcombe & al. 2006). Ces changements du volume du cerveau influenceraient les processus cognitifs sous-jacents aux régions touchées en améliorant les interconnexions synaptiques (Colcombe & al. 2006).

Bien que ces études aient été effectuées auprès de rats, de souris et d'adultes âgées, ces résultats nous portent à croire que des processus similaires pourraient également être présents chez l'enfant, ce qui pourrait expliquer, du moins en partie, les résultats obtenus lors de notre étude.

La troisième hypothèse était qu'en plus des améliorations cognitives reliées aux changements neurobiologiques associés à l'activité physique, la pratique d'un sport stratégique entraînerait les fonctions cognitives sollicitées lors de la pratique du sport. Spécifiquement, nous avons formulé l'hypothèse que les joueurs de basketball allaient obtenir de meilleurs résultats que les athlètes de natation aux tests qui évaluent les fonctions exécutives tel que la planification, l'inhibition, l'alternance de tâches ainsi que la mémoire à court et à long terme. La raison pour laquelle nous avons formulé cette hypothèse est que nous avons de bonnes raisons de croire que les joueurs de basketball entraînent ces fonctions à travers la pratique de leur sport tel que rapporté par les études de Gréhaigne (2001) et Thomas (1994). De manière générale, les résultats obtenus ne nous permettent pas de conclure que l'implication

dans un sport stratégique a influencé d'avantage les fonctions cognitives sollicités lors de la pratique de ce dernier. En effet, le groupe de basketball n'était pas significativement meilleur que le groupe de natation pour aucun des tests cognitifs. Par contre, le groupe de basketball a été le seul à se démarquer des non sportifs pour la condition d'alternance de tâches au test du Stroop, les nageurs n'ayant pas présenté une telle différence comparativement au groupe contrôle. Ceci indique donc un effet potentiel de l'entraînement sur cette fonction cognitive.

La raison pour laquelle nous n'avons pas observé de différences entre les deux groupes d'athlètes est peut être en lien avec le fait que les sportifs qui ont participé à la présente étude avaient relativement peu d'expérience dans leur sport. En effet, les athlètes avaient seulement entre une et quatre années d'expérience dans leur sport. De plus, les stratégies de jeu ne sont pas très élaborées au niveau primaire, les pratiques étant plus axées sur l'apprentissage des techniques de bases. Ils n'entraînent donc pas beaucoup ces fonctions cognitives en bas âge. Mais pourquoi avoir obtenu des résultats pour l'alternance de tâches? Une explication possible est que cette habileté est possiblement sollicitée peu importe le niveau de jeu et ce dès la première fois que les joueurs embarquent sur le terrain. En effet, pas besoin d'avoir des stratégies bien élaborées, de savoir bien planifier, inhiber, ni avoir à retenir des jeux en mémoire pour faire les transitions entre les séquences de défensives et d'offensives. Prenant en compte cette différence à la condition d'alternance de tâche, c'est peut-être avec un nombre d'années d'expérience plus élevé et des stratégies de jeu plus élaborées que nous pourrions observer des différences significatives entre un sport aérobic stratégique et un sport aérobic.

Nous avons tenté de vérifier cette hypothèse en regroupant les joueurs de basketball et de natation avec trois années d'expériences et plus, ce qui représente respectivement neuf et six enfants. Nous les avons ensuite comparé de nouveau aux tests de planification, d'inhibition, de mémoire à court et à long terme. Seul le test de planification semble être avantagé par cette nouvelle comparaison. Avant de retirer les participants avec moins d'expérience, les joueurs de basketball étaient environ 19 secondes plus rapides pour le temps d'exécution et faisaient en moyenne huit déplacements de moins que les nageurs. Lorsque l'on compare seulement les athlètes avec le plus d'expérience, les joueurs de basketball sont maintenant 82 secondes plus rapides pour le temps d'exécution et font 21 déplacements de moins que les nageurs. Premièrement, ces résultats appuient l'hypothèse que la pratique d'un sport stratégique a un effet complémentaire d'entraînement cognitif, mais qui se manifesterait seulement après quelques années d'expérience sportive. Deuxièmement, il semblerait que l'expérience sportive influencerait davantage les fonctions exécutives. Ceci devrait être vérifié auprès d'une population d'athlètes qui cumule un plus grand nombre d'années d'expérience.

D'un autre côté, des différences sont ressorties entre les groupes de sportifs pour lesquelles nous n'avions aucune attente. En effet, le groupe de natation a été le seul à présenter des différences significatives pour toutes les conditions au Bref test de mémoire visuo-spatiale comparativement au groupe contrôle. Peut-être que le nombre d'heures d'activités physiques par semaine significativement plus élevé du groupe de natation par rapport au groupe de basketball est responsable de cette différence observée. Par contre, si cette hypothèse est vraie nous aurions dû observer

de telles différences pour les autres tests. De plus, il ne faut pas négliger que les joueurs de basketball présentaient des résultats qui s'approchaient de la significativité statistique.

Même si les deux groupes de sportifs ont obtenu de meilleurs résultats pour une grande variété de fonctions cognitives comparativement au groupe d'enfants peu actifs, certains tests n'ont pas présenté de différences significatives entre les groupes. Ce fut le cas pour le test de planification de la tour d'Hanoï, de catégorisation du WISC et de la mémoire de travail visuelle de l'Empan. Ceci va à l'encontre de nos attentes. Tout d'abord, l'étude de Davis et ses collègues (2007) présentées plus tôt avait observé des différences significatives au niveau de la planification chez les enfants qui faisaient parti du groupe aérobie par rapport au groupe contrôle. Suite à ces résultats, il était légitime de s'attendre à voir des différences pour la planification entre les sportifs et les enfants peu actifs lors de notre étude. Par contre, si on regarde les tests utilisés pour évaluer la planification lors de l'étude Davis, on se rend compte qu'ils n'évaluent pas vraiment cette fonction. En effet, le premier test consiste à souligner deux nombres identiques dans une même colonne, pour 32 colonnes, ce qui exige une bonne attention sélective. Le deuxième test consiste à apparier des symboles à des lettres, selon une légende présentée en haut des pages, ce qui implique la mémoire immédiate. Finalement, le troisième test contient deux volets. Le premier consiste à relier à l'aide d'un crayon des chiffres en ordre croissant (1-2-3-4) qui sont disposés sur la feuille de façon quasi-aléatoire. Le deuxième consiste à relier en alternance des chiffres et des lettres en ordre croissant et alphabétique (1-A-2-B-3-C), ce qui exige une bonne capacité d'alternance de tâches. Donc, aucune étude n'a

vraiment évaluée directement l'effet de l'activité physique sur la capacité de planification chez les enfants. Ce qui est également le cas pour les tests de catégorisation et de la mémoire de travail visuelle. Nos attentes concernant ces deux dernières fonctions étaient basées sur le fait que ce sont des fonctions exécutives et que plusieurs études chez l'adulte et l'aîné ont observé des effets sur ce type de fonctions (Kramer & al. 1999a; Kramer & al. 1999b; Colcombe & Kramer, 2003). Les données physiologiques présentées plus tôt nous portaient également à croire que l'activité physique aurait pu avoir un impact sur ces fonctions cognitives puisqu'elles sont situées dans la même région du cerveau (frontal) que d'autres fonctions pour lesquelles on a observé des effets significatifs de l'activité physique. Par ailleurs, certains enfants du groupe contrôle ont mentionné que les tests de la tour d'Hanoï et de l'Empan visuel ressemblaient à des jeux vidéo. Peut-être que le fait que nous n'ayons pas observé de différences significatives pour ces deux tests était dû à la pratique de certains enfants du groupe contrôle à des exercices similaires? Il serait important à l'avenir de prendre en compte le nombre d'heures passé à jouer à des jeux sur l'ordinateur et sur console de jeux.

Soulignons que les groupes d'athlètes avaient des paramètres physiques représentatifs de cette population, c'est-à-dire une meilleure capacité cardiovasculaire et une plus grande force musculaire des membres supérieurs. Cependant il est important de noter que le groupe sédentaire était formé d'enfants en santé avec un IMC et des habitudes alimentaires comparables aux athlètes. Comme mentionné plus tôt, certains autres facteurs auraient pu influencer les résultats de la présente étude, tels que le statut socio-économique ainsi que l'estime de soi des participants.



Toutefois, ceci est peu probable étant donné que les groupes n'étaient pas significativement différents pour aucun de ces aspects.

En conclusion, l'activité physique pratiquée de façon régulière a eu un impact significatif au niveau des plusieurs fonctions cognitives chez l'enfant. Le fait que nous n'ayons pas observé d'améliorations accrues pour les enfants pratiquant un sport aérobic stratégique comparativement à un sport aérobic est une question importante à laquelle il faudrait tenter de répondre lors de futures études. Ces dernières devraient s'intéresser à une population plus âgée, ayant un plus grand nombre d'années d'expérience et avec un niveau de jeu stratégique élaboré. Ce type de joueurs se retrouve habituellement dans des équipes de haute compétition comme les catégories AAA, universitaire et professionnelle.

## 10. Références

Ahamed, Y.; H. Macdonald, et al. (2007). "School-based physical activity does not compromise children's academic performance." Medicine and science in sports and exercise **39**(2): 371-6.

Bates, M. E. and E. P. Lemay (2004). "The d2 Test of attention: construct validity and extensions in scoring techniques." Journal of the International Neuropsychological Society **10**(3): 392-400.

Benedict, R. H. B., D. Schretlen, et al. (1996). "Revision of the Brief Visuospatial Memory Test : Studies of normal performance, reliability, and validity." Psychological assessment **8**: 145-153.

Benguigui, N. and H. Ripoll (1998). "Effect of Tennis Practice on the Coincidence Timing Accuracy of Adults and Children." Research quarterly for exercise and sport **69**(3): 217-223.

Berch, D. B., R. Krikorian, et al. (1998). "The Corsi block-tapping task: methodological and theoretical considerations." Brain and Cognition **38**(3): 317-38.

Berg, E. A. (1948). "A simple objective technique for measuring flexibility in thinking." Journal of General Psychology **39**: 15-22.

Berlin, L. and G. Bohlin (2002). "Response inhibition, hyperactivity, and conduct problems among preschool children." Journal of clinical child and adolescent psychology **31**(2): 242-51.

Bishop, D. V., G. Aamodt-Leeper, et al. (2001). "Individual differences in cognitive planning on the Tower of Hanoi task: neuropsychological maturity or measurement error?" Journal of child psychology and psychiatry and allied disciplines **42**(4): 551-6.

Brocki, K. C. and G. Bohlin (2004). "Executive Functions in Children Aged 6 to 13: A Dimensional and Developmental Study." Developmental Neuropsychology **26**(2): 571-593.

Buck, S. M., C. H. Hillman, et al. (2008). "The relation of aerobic fitness to stroop task performance in preadolescent children." Medicine and science in sports and exercise **40**(1): 166-72.

Carlson, S. A., J. E. Fulton, et al. (2008). "Physical education and academic achievement in elementary school: data from the early childhood longitudinal study." American Journal of Public Health **98**(4): 721-7.

- Castelli, D. M., C. H. Hillman, et al. (2007). "Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students." Journal of sport & exercise psychology **29**(2): 239-52.
- Caterino, M. C. and E. D. Polak (1999). "Effects of two types of activity on the performance of second-, third-, and fourth-grade students on a test of concentration." Perceptual and Motor Skills **89**(1): 245-8.
- Churchill, J. D., R. Galvez, et al. (2002). "Exercise, experience and the aging brain." Neurobiology of Aging **23**(5): 941-955.
- Clark, W. (2008). "L'activité sportive chez les enfants." Statistique Canada, Tendances sociales canadiennes **11**(008): 57-65.
- Coakley, B. F. (1993). "Improving the Academic Achievement of Third and Fourth Grade Underachievers as a Result of Improved Self-Esteem." Dissertations / theses, U.S. Florida : 107 pages.
- Coe, D. P., J. M. Pivarnik, et al. (2006). "Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children." Medicine and science in sports and exercise **38**(8): 1515-9.
- Colcombe, S. J., K. I. Erickson, et al. (2003). "Aerobic Fitness Reduces Brain Tissue Loss in Aging Humans." The journals of gerontology. **58**(2): 176-180.
- Colcombe, S. and A. F. Kramer (2003). "Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study." Psychological science **14**(2): 125-30.
- Colcombe, S. J., K. I. Erickson, et al. (2006). "Aerobic Exercise Training Increases Brain Volume in Aging Humans." The journals of gerontology. **61**(11): 1166-1170.
- Corsi, P. M. (1972). "Human memory and the medial temporal region of the brain." Dissertation Abstracts International **34**(2): 819B. (University Microfilms No. AAI05-77717).
- Daley, A. J. and J. Ryan (2000). "Academic performance and participation in physical activity by secondary school adolescents." Perceptual and Motor Skills **91**(2): 531-4.
- Daniels, S. R., P. R. Khoury, et al. (1997). "The Utility of Body Mass Index as a Measure of Body Fatness in Children and Adolescents: Differences by Race and Gender." Pediatrics **99**(6): 804-807.
- Davidson, M. C., D. Amso, et al. (2006). "Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching." Neuropsychologia **44**(11): 2037-78.

- Davis, C. L., P. D. Tomporowski, et al. (2007). "Effects of aerobic exercise on overweight children's cognitive functioning: a randomized controlled trial." Research quarterly for exercise and sport **78**(5): 510-9.
- Dickinson-Anson, H., J. Winkler, et al. (2003). "Acetylcholine-Secreting Cells Improve Age-Induced Memory Deficits." Molecular therapy **8**(1): 51-61.
- Dishman, R. K., H.-R. Berthoud, et al. (2006). "Neurobiology of exercise." Obesity **14**(3): 345-56.
- Dunn, A. L., M. H. Trivedi, et al. (2001). "Physical activity dose-response effects on outcomes of depression and anxiety." Medicine and science in sports and exercise **33**(6 Suppl): S587-97; discussion 609.
- Dustman, R. E., R. Y. Emmerson, et al. (1990). "Age and fitness effects on EEG, ERPs, visual sensitivity, and cognition." Neurobiology of Aging **11**(3): 193-200.
- Dwyer, T., W. E. Coonan, et al. (1983). "An investigation of the effects of daily physical activity on the health of primary school students in South Australia." International Journal of Epidemiology **12**(3): 308-13.
- Dwyer, T., J. F. Sallis, et al. (2001). "Relation of Academic Performance to Physical Activity and Fitness in Children." Pediatric Exercise Science **13**: 225-237.
- Eidsmoe, R. R. (1964). "High School Athletes Are Brighter." Iohper(May): 53-54.
- Etnier, J. L., P. M. Nowell, et al. (2006). "A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance." Brain Research Reviews **52**(1): 119-30.
- Evers, E. A., F. M. Van der Veen, et al. (2007). "Serotonin and cognitive flexibility: neuroimaging studies into the effect of acute tryptophan depletion in healthy volunteers." Current Medicinal Chemistry **14**(28): 2989-95.
- Fejgin, N. (1994). "Participation in High School Competitive Sports: A Subversion of School Mission or Contribution to Academic Goals?" Sociology of Sport Journal **11**: 211-230.
- Fisher, M., L. Juszczak, et al. (1996). "Sports participation in an urban high school: academic and psychologic correlates." Journal of adolescent health **18**(5): 329-34.
- Florence, M. D., M. Asbridge, et al. (2008). "Diet quality and academic performance." The Journal of school health **78**(4): 209-15; quiz 239.

- Gabbard, C. and J. Barton (1979). "Effects of physical activity on mathematical computation among young children." The Journal of Psychology **103**: 287-288.
- Gold, P. E. (2003). "Acetylcholine modulation of neural systems involved in learning and memory." Neurobiology of learning and memory **80**(3): 194-210.
- Grant, D. A. and E. A. Berg (1948). "A behavioral analysis of degree of impairment and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card sorting problem." Journal of Experimental Psychology **39**: 404-411.
- Gray-Little, B., V. S. L. Williams, et al. (1997). "An Item Response Theory Analysis of the Rosenberg Self-Esteem Scale " Personality and Social Psychology Bulletin **23**(5): 443-451.
- Gréhaigne, J.-F., P. Godbout, et al. (2001). "The Teaching and Learning of Decision Making in Team Sports " QUEST **53**(1): 59-76.
- Hauser, W. J. and L. B. Lueptow (1978). "Participation in Athletics and Academic Achievement: A Replication and Extension." The Sociological Quarterly **19**: 304-309.
- Heaton, R. K., G. J. Chelune, et al. (1993). "Wisconsin Card Sorting Test (WCST) manual, revised and expanded." Odessa, FL : Psychological Assessment Resources.
- Hillman, C. H., D. M. Castelli, et al. (2005). "Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children." Medicine and science in sports and exercise **37**(11): 1967-74.
- Hillman, C. H., A. F. Kramer, et al. (2006). "A cross-sectional examination of age and physical activity on performance and event-related brain potentials in a task switching paradigm." International Journal of Psychophysiology **59**(1): 30-9.
- Homack, S. and C. A. Riccio (2004). "A meta-analysis of the sensitivity and specificity of the Stroop Color and Word Test with children." Archives of Clinical Neuropsychology **19**(6): 725-43.
- Ivry, R. B. (2002). "Temporal Control and Coordination: The Multiple Timer Model." Brain and Cognition **48**(1): 117.
- Jebb, S. A. and M. S. Moore (1999). "Contribution of a sedentary lifestyle and inactivity to the etiology of overweight and obesity: current evidence and research issues." Medicine and science in sports and exercise **31**(11 Suppl): S534-41.

Jordan, W. J. (1999). "Black High School Students' Participation in School-Sponsored Sports Activities: Effects on School Engagement and Achievement." The Journal of Negro education **68**(1): 54.

Kim, H.-Y. P., E. A. Frongillo, et al. (2003). "Academic performance of Korean children is associated with dietary behaviours and physical status." Asia Pacific journal of clinical nutrition **12**(2): 186-92.

Kioumourtzoglou, E.; V. Derri, et al. (1998). "Cognitive, perceptual, and motor abilities in skilled basketball performance." Perceptual and Motor Skills **86**(3 Pt 1): 771-86.

Kirk, R. E. (1989). *Statistics: An introduction*. Orlando, FL: Holt, Rinehart, and Winston.

Kramer, A. F., S. Hahn, et al. (1999a). "Ageing, fitness and neurocognitive function." Nature **400**(6743): 418-9.

Kramer, A. F., S. Hahn, et al. (1999b). "Task coordination and aging: explorations of executive control processes in the task switching paradigm." Acta Psychologica **101**(2-3): 339-78.

Kramer, A. F., K. I. Erickson, et al. (2006). "Exercise, cognition, and the aging brain." Journal of applied physiology **101**: 1237-1242.

Kristjánsson, A. L., I. D. Sigfúsdóttir, et al. (2008). "Health Behavior and Academic Achievement Among Adolescents: The Relative Contribution of Dietary Habits, Physical Activity, Body Mass Index, and Self-Esteem." Health education & behavior: 1-14.

Léger, L. A. and J. Lambert (1982). "A maximal multistage 20m shuttle run test to predict VO<sub>2</sub>max." European Journal of Applied Physiology **49**(1): 1-12.

Lindner, K. J. (2002). "The Physical Activity Participation - Academic Performance Relationship Revisited: Perceived and Actual Performance and the Effect of Banding (Academic Tracking)." Pediatric Exercise Science **14**: 155-169.

Lipscomb, S. (2007). "Secondary school extracurricular involvement and academic achievement: a fixed effects approach." Economics of education review **26**(4): 463.

McNaughten, D. and C. Gabbard (1993). "Physical exertion and immediate mental performance of sixth-grade children." Perceptual and Motor Skills **77**(3 Pt 2): 1155-9.

Melnick, M. J., B. E. Vanfossen, et al. (1988). "Development Effects of Athletics Participation Among High School Girls." Sociology of Sport Journal **5**: 22-36.

- Meredith, M. D. and G. J. Welk (2007). "Fitnessgram Activitygram, Test Administration Manual." The Cooper Institute Fourth Edition.: 41-56.
- Naglieri, J. A. (1985a). "Matrix Analogies test – Extended Form." San Antonio, Tx. : The Psychological Corporation.
- Naglieri, J. A. (1985b). "Matrix Analogies test – Short Form." San Antonio, Tx. : The Psychological Corporation.
- Nakamoto, H. and S. Mori (2008). "Sport-specific decision-making in a Go/NoGo reaction task: difference among nonathletes and baseball and basketball players." Perceptual and Motor Skills **106**(1): 163-70.
- National Association for Sport and Physical Education (2004). "Physical activity for children: A statement of guidelines 2nd ed." Reston, VA: NASPE.
- Nolin, B. and D. Hamel (2005). "L'activité physique au Québec " Institut national de santé publique du Québec.
- Olds, T., G. Tomkinson, et al. (2006). "Worldwide variation in the performance of children and adolescents: an analysis of 109 studies of the 20-m shuttle run test in 37 countries." Journal of sports sciences **24**(10): 1025-38.
- Ozel, S., J. Larue, et al. (2002). "Relation between sport activity and mental rotation: comparison of three groups of subjects." Perceptual and Motor Skills **95**: 1141-1154.
- Pereira, A. C., D. E. Huddleston, et al. (2007). "An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus." The National Academy of Sciences of the USA **104**(13): 5638–5643.
- Ray, H. C. (1940). "Inter-relationships of Physical and Mental Abilities and Achievements of High School Boys." Research Quarterly 129-141.
- Rey, A. (1958). "Mémorisation d'une série de 15 mots en 5 répétitions." In: Rey A, ed. L'examen clinique en psychologie. Paris: Presses Universitaires de France.
- Richardson, J. T. E. (2007). "Measures of short-term memory: a historical review." Cortex **43**(5): 635-50.
- Roberts, J. E. and A. B. Martha (2000). "Sex Differences on a Mental Rotation Task: Variations in Electroencephalogram Hemispheric Activation Between Children and College Students." Developmental neuropsychology **17**(2): 199-223.
- Rosenberg, M. (1965). "Society and the adolescent self-image." Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Sallis, J. F., T. L. McKenzie, et al. (1999). "Effects of health-related physical education on academic achievement: project SPARK." Research quarterly for exercise and sport **70**(2): 127-34.
- Schmidt, M. (1996). "Rey Auditory-Verbal Learning Test." Los Angeles: Western Psychological Services.
- Scully, D., J. Kremer, et al. (1998). "Physical exercise and psychological well being: a critical review." British Journal of Sports Medicine **32**: 111-120.
- Selcuk, R. S. (2005). "Socioeconomic Status and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review of Research." Review of Educational Research **75** (3): 417-453.
- Shephard, R. J., H. Lavallée, et al. (1994). "Academic skills and required physical education: The Trois Rivières experience." Research Supplement **1**(1): 1-13.
- Sibley, B. A. and J. L. Etnier (2003). "The Relationship Between Physical Activity and Cognition in Children: A Meta-Analysis." Pediatric Exercise Science **15**(3): 243-256.
- Singh-Manoux, A., M. Hillsdon, et al. (2005). "Effects of physical activity on cognitive functioning in middle age: evidence from the Whitehall II prospective cohort study." American Journal of Public Health **95**(12): 2252-8.
- Sirin, S. R. (2005). "Socioeconomic Status and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review of Research." Review of Educational Research **75**(3): 417-453.
- Stroop, J. R. (1935). "Studies of interference in serial verbal reactions." Journal of Experimental Psychology **18**: 643-662.
- Thomas, K. T. (1994). "The Development of Sport Expertise: From Leeds to MVP Legend." Quest **46**(2): 199-210.
- Tomkinson, G. R., L. A. Léger, et al. (2003). "Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries." Sports medicine **33**(4): 285-300.
- Tremblay, M. S., J. W. Inman, et al. (2000). "The Relationship Between Physical Activity, Self-Esteem, and Academic Achievement in 12-Year-Old Children." Pediatric Exercise Science **12**: 312-323.
- Trudeau, F. and R. J. Shephard (2008). "Physical education, school physical activity, school sports and academic performance." The international journal of behavioral nutrition and physical activity **5**: 10.



Turley, K. R. and J. H. Wilmore (1997). "Cardiovascular responses to treadmill and cycle ergometer exercise in children and adults." Journal of applied physiology **83**(3): 948-57.

Uusitupa, M., A. Louheranta, et al. (2000). "The Finnish Diabetes Prevention Study." The British journal of nutrition **83 Suppl 1**: S137-42.

Ward, M. A., C. M. Carlsson, et al. (2005). "The effect of body mass index on global brain volume in middle-aged adults: a cross sectional study." BMC neurology **5**: 23.

Wechsler, D. (1997). "WMS-III Administration and Scoring Manual." San Antonio, Tex. : The Psychological Corporation.

Wingen, M., K. P. C. Kuypers, et al. (2008). "Sustained attention and serotonin: a pharmaco-fMRI study." Human Psychopharmacol Clinical and Experimental **23** 221–230.

Williams, P. T. (2001). "Physical fitness and activity as separate heart disease risk factors: a meta-analysis." Medicine and science in sports and exercise **33**(5): 754-61.

Wingen, M., K. P. C. Kuypers, et al. (2008). "Sustained attention and serotonin: a pharmaco-fMRI study." Human Psychopharmacol Clinical and Experimental **23** 221–230.

Wise, R. A. (2004). "Dopamine, learning and motivation." Nature reviews Neuroscience **5**(6): 483-494.

Yu, C. C. W., S. Chan, et al. (2006). "Are physical activity and academic performance compatible? Academic achievement, conduct, physical activity and self-esteem of Hong Kong Chinese primary school children." Educational Studies **32**(4): 331-341.

Zervas, Y., A. Danis, et al. (1991). "Influence of physical exertion on mental performance with reference to training." Perceptual and Motor Skills **72**: 1215-1221.

## Annexe I

### QUESTIONNAIRE de DÉVELOPPEMENT

#### *HISTOIRE DE LA GROSSESSE ET DE LA NAISSANCE*

1 – Avez-vous noté des problèmes lors de la grossesse ? (expliquez)

\_\_\_\_\_

2 – Durant la grossesse, avez vous pris des médicaments ? Non  Oui

Précisez \_\_\_\_\_

3 – L'enfant est-il né à terme ? Non  Oui  Si non, il est né à \_\_\_\_\_ semaines.

4 – L'accouchement a-t-il eu lieu par césarienne ? Non  Oui

5 – À la naissance, le bébé avait comme :

Poids : \_\_\_\_\_ Taille : \_\_\_\_\_ APGAR\* : \_\_\_\_\_

**\*L'APGAR permet d'évaluer l'état d'un nouveau-né et consiste en un score de 0 à 10. Il est mesuré trois fois à quelques minutes d'intervalle. Les résultats de l'APGAR sont indiqués sur le carnet de santé de chaque nouveau-né.**

6 – Le bébé est-il né le cordon ombilical autour du cou ? Non  Oui

7 – Le bébé a-t-il présenté des problèmes de :

- Jaunisse       Difficultés respiratoires       Anémie   
 Cyanose       Convulsions

### ***HISTOIRE MÉDICALE***

1 – L'enfant a-t-il déjà eu des convulsions ou des crises d'épilepsie : Non  Oui

Si oui, quel âge avait-il ? \_\_\_\_\_

2 – L'enfant a-t-il des problèmes de vision ? Non  Oui  Ne sais pas

Si oui, lesquels ? \_\_\_\_\_

3 – L'enfant a-t-il des problèmes auditifs ? Non  Oui  Ne sais pas

Si oui, lesquels ? \_\_\_\_\_

4 – L'enfant a-t-il déjà eu un accident impliquant la tête ? Non  Oui

Si oui, qu'est-il arrivé ?

---



---



---

5 – L'enfant a-t-il subi des opérations ? Non  Oui

Si oui, laquelle/lesquelles et quand ?

---



---



---

6 – L'enfant a-t-il eu des maladies graves ? Non  Oui

Si oui, précisez :

---

---

---

7 – Votre enfant est-il sous médication pour un déficit d'attention (par. ex., Ritalin, Concerta, Dexédrine, Stratera) ? Non  Oui

8 – Votre enfant a-t-il déjà souffert d'asthme, de souffle au cœur, ou de tout autre problème pour lequel il doit limiter sa pratique d'activités physiques?

Non  Oui

### ***HISTOIRE DU DÉVELOPPEMENT***

1 – A-t-il présenté des retards de langage :

Expression : Non  Oui  Compréhension : Non  Oui

2 – A-t-il présenté des difficultés dans les :

habiletés motrices globales (marcher, sauter, faire de la bicyclette...)

Non  Oui

habiletés motrices fines (boutonner, lacer, dessiner...) Non  Oui

3 – Votre enfant est : droitier  gaucher  ambidextre

4 – Votre enfant a-t-il été ou est-il en contact avec les services suivants en dehors de l'école ? (Cochez)

Orthophonie  Quand \_\_\_\_\_ Fréquence \_\_\_\_\_

Audiologie  Quand \_\_\_\_\_ Fréquence \_\_\_\_\_

Ergothérapie  Quand \_\_\_\_\_ Fréquence \_\_\_\_\_

Psychologie  Quand \_\_\_\_\_ Fréquence \_\_\_\_\_

Psychiatrie  Quand \_\_\_\_\_ Fréquence \_\_\_\_\_

### ***HISTOIRE SCOLAIRE***

1 – Votre enfant a-t-il des problèmes de nature académique ou autre à l'école ?

Non  Oui

Précisez : \_\_\_\_\_

Si oui, en quelle année ces difficultés ont-elles commencées ? \_\_\_\_\_

## Annexe II

### Questionnaire de fréquence d'activité physique

\*\*\* Lorsque vous répondez aux questions, référez-vous à une semaine typique\*\*\*

| Questions   | Oui | Non | Commentaires  |
|---|-----|-----|---|
| 1. Votre enfant est-il présentement inscrit dans un sport organisé?<br>(sport d'équipe ou individuel)                       |     |     | Si oui, lequel : .....<br>Nb. heures / semaine : .....<br>Nb. année (s) : ..... |
| 2. Votre enfant a-t-il déjà fait partie d'un sport organisé? (Autre que celui mentionné à la question #1)                   |     |     | Si oui, lequel(s).....<br>et pendant combien de temps :<br>.....                |
| 3. Votre enfant participe-il à des activités sportives après l'école ?<br>(n'incluant pas les sports organisés)             |     |     | Si oui, .....heures /<br>semaine<br>(du lundi au vendredi)                      |
| 4. Votre enfant participe-il à des activités sportives lors de la fin de semaine ?<br>(n'incluant pas les sports organisés) |     |     | Si oui, .....heures /<br>semaine<br>(du samedi au dimanche)                     |
| 5. Y a-t-il des périodes durant l'année où votre enfant est peu actif?  |     |     | Si oui, laquelle .....<br>et pendant combien de temps :<br>.....                |

### Annexe III

## Questionnaire du statut-socio économique

### ÉDUCATION

1. Quel est le plus haut niveau de scolarité que vous avez atteint?

Père    Mère

- |                          |                          |  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Primaire                               |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Diplôme d'études secondaires           |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Formation professionnelle ou technique |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Diplôme d'études collégiales           |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Diplôme d'études universitaires        |

### EMPLOI

2. Environ combien d'heures par semaine travaillez-vous habituellement contre rémunération?

Père    Mère

- |                          |                          |                       |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Moins de dix heures   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Entre 10 et 19 heures |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Entre 20 et 29 heures |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Entre 30 et 39 heures |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Entre 40 et 49 heures |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | 50 heures ou plus     |

3. Pour quel genre d'entreprise travaillez-vous et quel poste y occupez-vous?

Père :

---

Mère :

---

## Annexe IV

### Questionnaire d'alimentation

Instructions : pour les énoncés suivant, encerclez le chiffre qui correspond le mieux à votre réponse, à savoir;

|          |            |           |           |            |
|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 0 jamais | 1 rarement | 2 parfois | 3 souvent | 4 toujours |
|----------|------------|-----------|-----------|------------|

#### Concernant votre enfant :

**1. Mange-t-il un petit-déjeuner le matin?**

0 – 1 – 2 – 3 – 4

**2. Lui arrive-t-il de sauter des repas?**

0 – 1 – 2 – 3 – 4

**3. Mange-t-il à des heures régulières?**

0 – 1 – 2 – 3 – 4

**4. Mange-t-il de la nourriture riche en calories tel des croustilles, des gâteaux, des biscuits, des repas-minutes (fast food)?**

0 – 1 – 2 – 3 – 4

**5. Mange-t-il des repas équilibrés, c'est-à-dire contenant des aliments de chacun des 4 groupes alimentaires à chaque jour (fruits et légumes, produits céréaliers, produits laitiers, viandes et substituts)?**

0 – 1 – 2 – 3 – 4



Annexe V

**Certificat d'éthique**

Département de kinésiologie

Montréal, le 17 décembre 2007

Monsieur Dave Elleberg  
Professeur adjoint  
Département de kinésiologie  
CEPSUM, 2100 boul. Édouard-Montpetit  
Bureau 8221

**OBJET : Certificat d'éthique**

Monsieur Elleberg,

Vous avez soumis le projet intitulé « *L'effet de la participation à une activité sportive sur le fonctionnement cognitif de l'enfant* » pour évaluation éthique par le Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé (CÉRSS).

Je suis heureuse de vous informer que le Comité a jugé le projet conforme aux normes déontologiques. Un certificat d'éthique a donc été émis et vous est envoyé.

Le certificat d'éthique est émis pour une durée d'un an. À l'échéance, un suivi déontologique sera effectué, conformément aux normes de fonctionnement du Plan d'action ministériel en éthique de la recherche et en intégrité scientifique.

Il est aussi à souligner que vous devrez faire part au CÉRSS de toute nouvelle information (changement dans les connaissances scientifiques...) ou observation (événement négatif...) ou de tout changement au protocole expérimental, qui pourrait modifier le fondement éthique sur lequel repose votre projet de recherche.

Je vous prie de recevoir, Monsieur, l'expression de mes salutations distinguées.

Camille Assémat, Secrétaire  
Pour Marie-France Daniel, Présidente  
Comité d'éthique de la recherche des sciences de la santé  
CEPSUM, 2100 Edouard-Montpetit, [information retirée / information withdrawn]  
Téléphone : [information retirée / information withdrawn]  
Télécopieur : [information retirée / information withdrawn]  
Courriel : [information retirée / information withdrawn]

P.J.