

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

INFLUENCE DES FONCTIONS COGNITIVES, DES FACTEURS PHYSIQUES,  
PSYCHOLOGIQUES, SOCIOLOGIQUES ET DES HABITUDES DE VIE SUR  
LE RENDEMENT SCOLAIRE DES ÉLÈVES DU SECONDAIRE : UNE ÉTUDE  
LONGITUDINALE

THÈSE  
PRÉSENTÉE  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DU DOCTORAT EN BIOLOGIE

PAR  
MARIE-MAUDE DUBUC

FÉVRIER 2020

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet n'aurait pas été possible sans l'appui et l'aide considérables de plusieurs acteurs importants. Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur, Antony Karelis, pour son aide, pour sa disponibilité et pour m'avoir guidée et soutenue tout au long de cette aventure. Je remercie également ma co-directrice, Mylène Aubertin-Leheudre, qui m'a apporté son soutien et ses judicieux conseils tout au long de mon cheminement.

J'aimerais également remercier le Fonds de recherche du Québec - Société et culture (FRQSC) qui m'a offert un appui financier important, me permettant de réaliser mon parcours doctoral en me concentrant sur mon travail d'étudiante.

Ensuite, je souhaite exprimer toute ma gratitude envers Patrick Dupuis et Nadège Larouche pour l'aide si précieuse qu'ils m'ont apportée lors de la collecte de données. Je tiens aussi à remercier tous les participants de l'étude pour leur implication et leur générosité. Un merci spécial également à tous mes collègues à l'UQÀM, tous mes collègues au Collège Saint-Louis ainsi que tous les membres de ma famille et mes amis qui m'ont soutenue durant toute cette aventure.

Finalement, je me dois de remercier chaleureusement mon conjoint Manuel, un être merveilleux sans qui tout cela n'aurait pas été possible. Autant par les questionnements et les discussions scientifiques que nous avons eu tout au long de ces années que par son soutien inconditionnel et son aide avec la conciliation famille-travail-études, il m'a amenée à me dépasser et a rendu tout ceci possible. Pour tout cela et pour bien plus encore, un immense merci!

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES .....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ABBRÉVIATIONS .....	ix
LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS .....	x
RÉSUMÉ .....	xi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE I RECENSION DES ÉCRITS .....	3
1.1 Le rendement scolaire.....	3
1.2 Les fonctions cognitives .....	4
1.3 Caractéristiques physiques .....	6
1.3.1 La composition corporelle .....	6
1.3.2 La condition physique .....	8
1.4 Caractéristiques psychologiques.....	10
1.4.1 La motivation envers les études .....	11
1.4.2 L'estime de soi .....	12
1.4.3 L'anxiété .....	13
1.5 Caractéristiques sociologiques .....	13
1.5.1 Le niveau socioéconomique .....	14
1.5.2 Les influences culturelles.....	15
1.6 Les habitudes de vie .....	16
1.6.1 La pratique d'activité physique.....	17
1.6.2 Les habitudes de sommeil .....	19
1.6.3 Le temps écran .....	20
1.6.4 Les habitudes alimentaires .....	21
1.6.5 La situation d'emploi .....	22

1.7	Différenciation entre les filles et les garçons.....	23
1.8	Bilan et question de recherche.....	24
	CHAPITRE II OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES.....	25
2.1	Objectif général .....	25
2.2	Objectifs spécifiques .....	25
2.2.1	Objectif spécifique 1 .....	25
2.2.2	Objectif spécifique 2 .....	26
2.2.3	Objectif spécifique 3 .....	26
	CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE .....	27
3.1	Vue d'ensemble .....	27
3.2	Participants .....	28
3.2.1	Critères d'inclusion et d'exclusion .....	28
3.2.2	Échantillon .....	28
3.3	Déroulement et procédures .....	29
3.4	Instruments de mesure .....	30
3.4.1	Variables de contrôle .....	30
3.4.2	Rendement scolaire .....	30
3.4.3	Fonctions cognitives .....	31
3.4.4	Caractéristiques physiques .....	32
3.4.5	Caractéristiques psychologiques .....	35
3.4.6	Caractéristiques sociologiques .....	36
3.4.7	Les habitudes de vie .....	36
3.5	Taille de l'échantillon.....	37
3.6	Analyses statistiques.....	38
	CHAPITRE IV RÉSULTATS .....	40
4.1	Article 1 .....	40
4.1.1	Abstract .....	41
4.1.2	Introduction.....	42
4.1.3	Methods.....	44
4.1.4	Results.....	49
4.1.5	Discussion .....	62
4.1.6	Acknowledgements.....	66
4.1.7	References .....	66
4.2	Article 2 .....	70
4.2.1	Abstract .....	71

4.2.3 Methods.....	74
4.2.4 Results.....	81
4.2.5 Discussion .....	86
4.2.6 Acknowledgements.....	90
4.2.7 References.....	90
4.3 Article 3 .....	97
4.3.1 Abstract .....	97
4.3.2 Introduction.....	98
4.3.3 Materials and Methods.....	103
4.3.4 Results.....	111
4.3.5 Discussion .....	121
4.3.6 Acknowledgements.....	124
4.3.7 References.....	125
4.4 Résultats complémentaires .....	133
4.4.1 Les facteurs psychologiques et sociologiques.....	133
4.4.2 Modèles finaux.....	135
CHAPITRE V DISCUSSION.....	141
5.1 Retour sur les hypothèses et principaux résultats.....	141
5.1.1 Objectif spécifique 1 .....	141
5.1.2 Objectif spécifique 2 .....	143
5.1.3 Objectif spécifique 3 .....	145
5.2 Les fonctions cognitives et le rendement scolaire .....	147
5.3 Le rendement scolaire, prévisible? .....	147
5.4 Les particularités de l'échantillon .....	149
5.5 Application des résultats.....	149
5.6 Limites de l'étude .....	150
5.7 Perspectives .....	151
CONCLUSION.....	153
APPENDICE A CERTIFICATION ÉTHIQUE .....	154
APPENDICE B FORMULAIRE DE CONSENTEMENT DES PARTICIPANTS.	156
APPENDICE C QUESTIONNAIRE SUR LES HABITUDES DE VIE .....	165
RÉFÉRENCES .....	170

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Figure 3.1 Organigramme des participants de l'étude .....	29
Figure 4.1 Participants flowchart (A).....	46
Figure 4.2 Participants flowchart (B).....	75
Figure 4.3 Participants flowchart (C).....	105
Figure 4.4 Flanker task.....	107
Figure 4.5 N-back task.....	109

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
Table 4.1 Academic performance and cognitive control in female and male high school students.....	50
Table 4.2 Pearson's partial correlations ( $r$ ) between cognitive control and academic performance in high school students at baseline .....	56
Table 4.3 Pearson's partial correlations ( $r$ ) between the changes ( $\Delta$ ) of cognitive control and the $\Delta$ of academic performance from year 1 to year 3 in high school students.....	58
Table 4.4 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of academic performance in high school students at baseline (whole sample)..	60
Table 4.5 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of academic performance in male high school students at baseline.....	60
Table 4.6 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of changes between year 1 and year 3 in academic performance in high school students (whole sample).....	61
Table 4.7 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of changes between year 1 and year 3 in academic performance in female high school students.....	61
Table 4.8 Participants Baseline Characteristics .....	82
Table 4.9 Body Composition, Physical Fitness and Physical Activity Habits in High School Students .....	84
Table 4.10 Working, studying and eating habits of high school female and male students .....	112
Table 4.11 Screen time habits on weekdays and weekends of high school female and male students.....	113
Table 4.12 Sleeping habits on weekdays and weekends of high school female and male students .....	114

Table 4.13 Correlations between lifestyle habits with academic performance measures at baseline in high school female and male students .....	118
Table 4.14 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of cognitive control in high school female students.....	120
Table 4.15 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of academic performance in high school male students.....	121
Tableau 4.16 Modèle final des prédicteurs du rendement scolaire à l'an 1 des adolescentes .....	136
Tableau 4.17 Modèle final des prédicteurs du rendement scolaire à l'an 1 des adolescents.....	137
Tableau 4.18 Modèle final des prédicteurs de la variation du rendement scolaire chez des adolescentes .....	139
Tableau 4.19 Modèle final des prédicteurs de la variation du rendement scolaire chez des adolescents .....	140

## LISTE DES ABBRÉVIATIONS

ACSM	The American College of Sports Medicine
AQNP	Association québécoise des neuropsychologues
BC	Body composition
BFP	Body fat percentage
IC	Intervalle de confiance
IMC (BMI)	Indice de masse corporelle (Body mass index)
MRT	Mean reaction time
WHO	World Health Organization (Organisation mondiale de la santé)
OR	Odds ratio
PA	Physical activity
PF	Physical fitness
SCPE	Société canadienne de physiologie de l'exercice
SD	Standard deviation
SES	Socioeconomic status
VO <sub>2</sub> max	Volume d'oxygène maximal
WD	Weekdays
WE	Weekend

## LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS

cm	Centimètre
<i>d</i>	Taille d'effet
kg	Kilogramme
km/h	Kilomètre/heure
$m^2$	Mètre carré
ms	Milliseconde
$^\circ$	Degré

## RÉSUMÉ

L'acceptation dans un programme d'études post-secondaires donné est habituellement basée exclusivement sur le rendement scolaire des candidats, et les programmes contingents exigent d'avoir un excellent rendement scolaire pour y accéder. Par conséquent, avoir une meilleure compréhension des différents facteurs impliqués dans le rendement scolaire des adolescents aurait des implications importantes dans le milieu des écoles secondaires, autant pour les décideurs politiques et les intervenants du milieu que pour les élèves et leurs parents. Cependant, à notre connaissance, aucune étude à ce jour n'a mesuré une grande variété de ces facteurs afin d'identifier l'importance relative de chacun d'entre eux. De plus, la majorité des études sur le rendement scolaire ont été réalisées chez des enfants du primaire en utilisant un devis transversal. Dans la mesure où l'amélioration du rendement scolaire est un objectif fondamental de toute école et qu'il est à la base de l'instauration de différentes politiques scolaires, l'objectif de cette étude est de mieux comprendre les différents facteurs influençant le rendement scolaire des élèves du secondaire, leurs importances relatives de même que l'évolution dans le temps de leurs associations.

Pour ce faire, un suivi d'une durée de trois années scolaires a été complété par 185 volontaires (âge moyen à l'an 1 :  $13,1 \pm 1,0$  ans) fréquentant la même école secondaire publique francophone de Montréal. Le rendement scolaire des participants a été obtenu à partir du bulletin de fin d'année scolaire fourni par l'école et les résultats en sciences, en mathématiques, en français ainsi que la moyenne académique générale ont été utilisés pour les analyses. Les fonctions cognitives (mémoire de travail et capacités d'attention et d'inhibition) ont été évaluées à chacune des trois années prises en compte dans l'étude. Les caractéristiques physiques (composition corporelle et condition physique), psychologiques (motivation envers les études, estime de soi, satisfaction de l'image corporelle et niveau d'anxiété) et sociologiques (facteurs socio-démographiques et influences culturelles) des participants ainsi que leurs habitudes de vie (pratique d'activité physique, habitudes alimentaires, habitudes de sommeil et nombre d'heures passées devant les écrans) ont également été évaluées annuellement.

Les résultats obtenus indiquent que les filles présentent un meilleur rendement scolaire que les garçons et que les facteurs impliqués dans l'explication du rendement scolaire des adolescentes et des adolescents diffèrent. En effet, chez les adolescentes, une meilleure santé cardiorespiratoire et un faible temps passé devant les écrans semblent être les deux principaux facteurs associés à un meilleur rendement scolaire. Du côté des adolescents de notre échantillon, une meilleure mémoire de travail et faible temps

passé devant les jeux vidéos lors de la fin de semaine sont les deux facteurs récurrents dans la prédiction du rendement scolaire dans les différentes matières. Finalement, chez les filles, nos résultats permettent d'établir une configuration de différents facteurs permettant d'expliquer entre 8,9 % et 38,6 % des variations du rendement scolaire sur trois ans. En ce qui concerne les garçons, nos modèles finaux en mathématiques, en sciences et pour la moyenne académique générale semblent expliquer entre 26,1 % et 52,1 % des variations du rendement scolaire sur trois ans.

En conclusion, cette étude a permis d'identifier différents facteurs qui influencent le rendement scolaire des adolescentes et des adolescents et d'en mesurer l'importance relative. Le devis longitudinal de ce projet a également permis d'analyser l'évolution des relations entre ces différents facteurs et le rendement scolaire des élèves du secondaire sur une période de trois ans. En fonction des résultats obtenus dans le cadre de cette thèse, des campagnes de sensibilisation de même que des interventions visant à diminuer le temps écran et à augmenter la santé cardiorespiratoire des élèves pourraient être mises en place dans les écoles secondaires.

Mots-clés : adolescents, performance académique, fonctions exécutives, attention, mémoire de travail.

## ABSTRACT

*The influence of cognitive control, physical, psychological, sociological and lifestyle factors on academic performance in high school students: The Adolescent Student Academic Performance longitudinal study (ASAP)*

The enrollment into post-secondary programs for high school students are usually determined by their academic performance. Therefore, gaining a better understanding of the different factors involved in the academic performance of high school students has widespread implications for high school policy makers and educators as well as for high school students and their parents. However, to our knowledge, no study has assessed a large variety of these factors in order to measure the relative importance of each of them. Moreover, the majority of research that examined academic performance was conducted in elementary students using cross-sectional designs. Because improvements in academic performance are a fundamental objective of any school and is the foundation of many school policies, the aim of this study was to examine multiple factors that are associated with academic performance in one study and to determine their relative importance and their evolution over time in high school students.

A 3-year prospective study was completed by 185 volunteer adolescents (mean age at study entry:  $13.1 \pm 1.0$  years old) from a single French-language public high school located in Montreal, Canada. Academic performance was assessed every year using the school's final report card and results in science, mathematics and language (French) as well as the overall average of each student were used for the analyses. Cognitive control (inhibitory control and working memory) was assessed once per year. Physical factors (body composition and physical fitness), psychological factors (motivation toward studies, self-esteem, body esteem and anxiety levels) and sociological factors (sociodemographics and cultural background) of participants as well as their lifestyle habits (physical activity, eating, sleeping and screen time habits) were also assessed once per year.

Results of the present study indicated that female students outperformed male students academically and that the factors explaining academic performance differed between genders. That is, in female students, cardiorespiratory fitness and screen time seems to be the two principal factors associated to academic performance. In male students, working memory and video games on weekend are recurrent factors in the prediction of academic performance in different school subjects. Finally, in female students, the different factors that comprised our final models explained between 8.9% and 38.6%

of the variance in academic performance during the 3-year period. In male students, our final models explained between 26.1% and 52.1% of the variations in science, mathematics and for the overall average during the 3-year period.

In conclusion, this study allowed to identify different factors implicated in academic performance of adolescent students and to determine their relative importance. The longitudinal design of this research project also permitted to analyze the evolution over time of the relations between these different factors and academic performance of high school students during a 3-year period. Based on this study, awareness campaigns and interventions aiming to improve cardiorespiratory fitness and to decrease screen time could be implemented in high schools.

Keywords: academic achievement, adolescents, executive functions, cognition, attention, working memory.

## INTRODUCTION

L'éducation est d'une importance capitale en raison des impacts positifs maintenant bien établis qu'elle entraîne sur les diverses sphères de la société et sur le niveau de vie des gens (Hanushek et Woessmann, 2010). En ce sens, différentes politiques ont été mises en place dans les dernières décennies au Québec et ailleurs dans le monde afin de favoriser l'accès aux études post-secondaires et ainsi permettre d'augmenter considérablement le niveau de scolarisation de même que le niveau de vie de la population (Conlon, 2006; Gouvernement du Québec, 2016).

Or, l'acceptation dans un programme d'études post-secondaires donné est habituellement basée exclusivement sur le rendement scolaire des applicants, et les programmes contingentés exigent d'avoir un excellent rendement scolaire pour y accéder. L'adolescence est donc une période cruciale sur le plan du rendement scolaire en raison de l'impact direct que cela peut avoir sur les probabilités d'être accepté dans le programme d'études post-secondaires de son choix. Par ailleurs, il semblerait que les élèves des écoles secondaires soient devenus très compétitifs en regard à l'excellence de leurs résultats scolaires (Bound *et al.*, 2009). Par conséquent, chaque élément qui favorise le rendement scolaire des adolescents peut être utile. Avoir une meilleure compréhension des différents facteurs liés à l'élève qui sont impliqués dans le rendement scolaire des adolescents, notamment les caractéristiques qui leur sont propres ainsi que leur comportement, aurait donc des implications importantes dans le milieu des écoles secondaires, autant pour les décideurs politiques et les intervenants que pour les élèves et leurs parents.

Dans la littérature actuelle, une multitude de facteurs influençant le rendement scolaire des élèves a été identifiée, dont des fonctions cognitives (Best *et al.*, 2011; Blair et Razza, 2007), des facteurs physiques (Castelli *et al.*, 2007; Cottrell *et al.*, 2007), psychologiques (Duchesne et Larose, 2007; Kristjánsson *et al.*, 2010; Mazzone *et al.*, 2007) et sociologiques (Salamonson et Andrew, 2006; Severiens et Wolff, 2008; Sutton et Soderstrom, 1999) de même que des habitudes de vie (Correa-Burrows *et al.*, 2016; Edwards *et al.*, 2011; García-Hermoso et Marina, 2017; So, 2013; Stroebele *et al.*, 2013). Cependant, à notre connaissance, aucune étude à ce jour n'a mesuré en même temps un grand nombre de ces facteurs afin d'identifier l'importance relative de chacun d'entre eux. De plus, la majorité des études sur le rendement scolaire ont été réalisées chez des enfants du primaire en utilisant un devis transversal. Dans la mesure où l'amélioration du rendement scolaire est un objectif fondamental de toute école et qu'il est à la base de l'instauration de différentes politiques scolaires, il devient essentiel de mieux comprendre les différents facteurs qui influencent le rendement scolaire des élèves du secondaire, leurs importances relatives de même que l'évolution dans le temps de leurs associations. C'est dans cette visée que s'inscrit le présent projet de thèse, un projet ayant opté pour une approche multifactorielle et longitudinale.

Le chapitre 1 présente la rescension des écrits mettant en lien le rendement scolaire et les différents facteurs liés à l'élève qui semblent y être associés, soit les fonctions cognitives, différents facteurs physiques, psychologiques, sociologiques ainsi que les habitudes de vie. Les objectifs et les hypothèses découlant de cette recension des écrits sont détaillés au chapitre 2. Ensuite, la méthodologie complète utilisée dans le cadre de ce projet de thèse est décrite au chapitre 3. Les résultats obtenus sont présentés au chapitre 4 sous la forme d'articles et d'analyses complémentaires. Finalement, le chapitre 5 fera l'objet d'une discussion concernant les principaux résultats obtenus, présentera les limites de cette étude et identifiera les perspectives pour la recherche dans le domaine.

## CHAPITRE I

### RECENSION DES ÉCRITS

#### 1.1 Le rendement scolaire

Le rendement scolaire d'un élève réfère à sa performance académique. Afin de mieux comprendre les différents résultats scientifiques portant sur le rendement scolaire, il est nécessaire de préciser que, dans la littérature, le concept de rendement scolaire a été utilisé et mesuré à travers diverses méthodes par les différentes équipes de chercheurs. En effet, certains ont utilisé les résultats scolaires des élèves tels que fournis par l'école, que ce soit pour un examen particulier, pour un cours précis ou encore une moyenne académique générale comprenant l'ensemble des cours suivis (Correa-Burrows *et al.*, 2018; Cosgrove *et al.*, 2018; Esteban-Cornejo *et al.*, 2014; Gil-Espinosa *et al.*, 2018; Singh *et al.*, 2018; St Clair-Thompson et Gathercole, 2006). D'autres ont préféré utiliser les résultats obtenus à des examens d'État obligatoires, tels que le Massachusetts Comprehensive Assessment System ou le Illinois Standards Achievement Test (Castelli *et al.*, 2007; Chomitz *et al.*, 2009; Coe *et al.*, 2013; Raine *et al.*, 2017). Parmi tous ces chercheurs, quelques-uns ont catégorisé les résultats scolaires ou les résultats obtenus aux examens d'État pour leurs analyses, soit en utilisant la notion de « succès/échec » ou encore en créant des quintiles (Chomitz *et al.*, 2009; Cosgrove *et al.*, 2018). De plus, certaines équipes de recherche se sont basés sur les résultats scolaires auto-rapportés par les participants afin d'évaluer le rendement scolaire de ces derniers (Burns *et al.*, 2018; Lemma *et al.*, 2013; Stea et Torstveit, 2014). Finalement, des équipes de chercheurs se sont pour leur part fiées aux résultats

obtenus à une batterie de tests mesurant les habiletés en lecture, en épellation et en arithmétique telles que le *Wide Range Achievement Test* et le *Wechsler Individual Achievement Test* (Hillman *et al.*, 2009; Lambourne *et al.*, 2013). Cette diversité dans la façon de mesurer le rendement scolaire limite les comparaisons possibles entre les différentes études, ce qui peut rendre les résultats obtenus et les conclusions en découlant difficiles à interpréter.

Différents facteurs propres à l'élève ont été étudiés au fil des années et semblent reliés au rendement scolaire. Parmi ceux-ci, notons les fonctions cognitives, les facteurs physiques, psychologiques et sociologiques ainsi que les habitudes de vie. Les prochaines sections de ce chapitre présenteront les principales conclusions qui émergent de la littérature portant sur l'influence des ces différents facteurs sur le rendement scolaire.

## 1.2 Les fonctions cognitives

Les fonctions cognitives sont définies comme étant « les capacités de notre cerveau qui nous permettent notamment de communiquer, de percevoir notre environnement, de nous concentrer, de nous souvenir d'un événement ou d'accumuler des connaissances » (Association québécoise des neuropsychologues (AQNP), 2019). Elles sont généralement rapportées comme ayant un impact déterminant sur le rendement scolaire (Best *et al.*, 2011; Blair et Razza, 2007) étant donné l'importance en contexte scolaire de ces différentes capacités dans l'apprentissage et dans la conformité des comportements (Blair et Diamond, 2008).

Plus précisément, l'attention<sup>1</sup>, l'inhibition<sup>2</sup> et la mémoire de travail<sup>3</sup> sont des catégories des fonctions cognitives qui ont été identifiées comme étant fortement associées au rendement scolaire (St Clair-Thompson et Gathercole, 2006; Swanson et Alloway, 2012). Par exemple, lors d'une étude menée au Royaume-Uni sur 51 pré-adolescents de 11 et 12 ans, il a été observé que la mémoire de travail mesurée par le biais de quatre différentes tâches (*listening recall, backwards digit recall, odd-one-out* et *spatial span*) était positivement associée avec les résultats scolaires à des examens de fin d'année en anglais (valeurs de r comprises entre 0,39 et 0,56;  $p < 0,01$ ), en mathématiques (valeurs de r comprises entre 0,44 et 0,47;  $p < 0,01$ ) et en sciences ( $r = 0,31$ ;  $p < 0,01$ ) (St Clair-Thompson et Gathercole, 2006). Dans cette même étude, les capacités d'attention et d'inhibition mesurées par la tâche *stop signal*, dans laquelle un score plus faible indique un meilleur résultat, se sont également avérées être positivement associées avec le rendement scolaire en mathématiques ( $r = -0,31$ ;  $p < 0,05$ ) et en sciences ( $r = -0,28$ ;  $p < 0,05$ ) (St Clair-Thompson et Gathercole, 2006). De plus, une importante étude longitudinale d'une durée de 6 ans réalisée par Alloway et Alloway (2010) et menée sur 98 élèves âgés de 4 et 5 ans au début des procédures a évalué la mémoire de travail à l'aide de 2 tâches (*listening recall* et *backwards digit recall*) ainsi que le rendement scolaire à l'aide du *Weschler Individual Achievement Test*. Les résultats de cette étude indiquent que la mémoire de travail mesurée au début des procédures est un meilleur prédicteur du rendement scolaire obtenu six ans plus tard que le quotient intellectuel des participants (Alloway et Alloway, 2010). Ainsi, en raison de leur grande implication dans le processus d'apprentissage (St Clair-Thompson et Gathercole,

---

<sup>1</sup> L'attention réfère à « la capacité d'être alerte à son environnement » et à « la capacité à se concentrer sur un tâche donnée » (AQNP, 2019).

<sup>2</sup> L'inhibition est la « capacité à résister aux distractions ou à inhiber une réponse attendue ». Elle est « souvent comparée à un filtre » (AQNP, 2019).

<sup>3</sup> La mémoire de travail « réfère à la capacité à traiter et manipuler mentalement des informations données dans le moment présent » (AQNP, 2019).

2006), les capacités d'attention et d'inhibition de même que la mémoire de travail semblent influencer le rendement scolaire.

### 1.3 Caractéristiques physiques

Parmi les caractéristiques physiques qui semblent influencer le rendement scolaire, notons, entre autres, la composition corporelle (le pourcentage de masse grasse, l'indice de masse corporelle (IMC) et la circonférence de la taille) et la condition physique (l'endurance cardiorespiratoire, la force musculaire et l'endurance musculaire).

#### 1.3.1 La composition corporelle

La relation entre différents aspects de la composition corporelle et le rendement scolaire a été étudiée à plusieurs reprises, notamment aux États-Unis, sans toutefois découler en un consensus de la part des experts. Par exemple, Cottrell et al. (2007) ont étudié la relation entre l'IMC et le rendement scolaire chez 968 enfants âgés entre 9 et 13 ans. Cette étude a rapporté que les participants de poids normal obtenaient de meilleurs résultats aux examens d'État en anglais, en mathématiques, en sciences et en sciences humaines que les participants obèses ou en sous-poids ( $p < 0,01$ ) (Cottrell *et al.*, 2007). Dans le même ordre d'idée, les données présentées par Castelli et al. (2007) suggèrent un lien négatif significatif entre l'IMC et le rendement scolaire chez 259 élèves de troisième et cinquième année du primaire en se basant sur un examen d'État évaluant les capacités des élèves en langue et en mathématiques ( $r = -0,28$  et  $r = -0,27$ , respectivement;  $p < 0,01$ ). De leur côté, Huang et al. (2006) ont évalué l'impact de l'IMC, du risque d'embonpoint ( $IMC \geq 85^{\text{e}} \text{ percentile}$ ) ainsi que du pourcentage de masse grasse (à l'aide de la bioimpédance électrique) sur le rendement scolaire (à l'aide de la moyenne académique générale obtenue par l'école et celle auto-rapportée par les participants) de 666 adolescents âgés entre 11 et 14 ans. Ils ont observé que l'IMC, le

risque d'embonpoint et le pourcentage de masse grasse avaient un effet négatif significatif sur les résultats scolaires auto-rapportés par les élèves (valeurs des  $\beta$  comprises entre -0,01 et -0,21;  $p \leq 0,01$ ), mais pas sur les résultats scolaires fournis par l'école (Huang *et al.*, 2006). À l'inverse de leurs prédecesseurs, deux autres groupes de chercheurs ont observé que l'IMC n'était pas un prédicteur du rendement scolaire lors d'examens d'État dans des échantillons de 1 504 et de 11 729 enfants de la troisième année du primaire à la deuxième année du secondaire (Baxter *et al.*, 2013; Rauner *et al.*, 2013). Ensuite, deux études ont examiné la relation entre la composition corporelle en utilisant un appareil à absorptiométrie biphotonique à rayons X (DEXA) afin de mesurer la composition corporelle de façon plus précise. Ces deux études en sont arrivées à la même conclusion : l'IMC et le pourcentage de masse grasse d'enfants âgés entre 7 et 11 ans sont négativement associés avec leur rendement scolaire mesuré à l'aide d'une batterie de tests (valeurs de  $r$  comprises entre -0,18 et -0,28;  $p \leq 0,05$ ) (Davis et Cooper, 2011; Kamijo *et al.*, 2012). Finalement, au Royaume-Uni, une étude longitudinale d'une durée de 5 ans a été menée sur 5966 participants âgés de 11 ans au début de l'étude (Booth *et al.*, 2014). Les chercheurs ont évalué l'IMC des participants à l'âge de 11 ans, puis leurs résultats scolaires à des examens nationaux à 11, 13 et 16 ans. Selon les résultats de cette étude, seule l'obésité décelée à 11 ans chez les filles semble avoir un impact négatif sur leur rendement scolaire à 11, 13 et 16 ans (valeurs de  $\beta$  comprises entre -0,10 et -0,13;  $p < 0,001$ ) (Booth *et al.*, 2014).

Les mécanismes mis de l'avant pour expliquer les liens observés entre la composition corporelle et le rendement scolaire se situent principalement aux niveaux physiologique, socioéconomique et psychologique. Tout d'abord, sur le plan physiologique, l'obésité et le surplus de masse grasse corporelle semblent causer de l'inflammation systémique qui atteint également le cerveau, dont, plus particulièrement, la région de l'hypothalamus (Miller et Spencer, 2014). Cette inflammation interférerait avec les fonctions des circuits neuronaux du cerveau et affecterait négativement les fonctions cognitives (Miller et Spencer, 2014). Dans le

même ordre d'idée, l'obésité et le surplus de masse grasse corporelle ont tous deux été rapportés comme étant négativement associés avec les fonctions cognitives (Chojnacki *et al.*, 2018) et avec l'intelligence (Li, 1995), ce qui pourrait affecter le rendement scolaire. Cependant, plusieurs chercheurs minimisent l'importance de cette explication parce qu'ils estiment que la composition corporelle serait fortement associée au niveau socioéconomique et que les relations observées entre la composition corporelle, les fonctions cognitives, l'intelligence et le rendement scolaire seraient plutôt dues au niveau socioéconomique dans lequel évolue l'élève (Datar *et al.*, 2004). Sur le plan psychologique, l'obésité peut avoir des impacts importants telles qu'une faible estime de soi (Strauss, 2000) et une augmentation des symptômes dépressifs (Needham et Crosnoe, 2005), ce qui peut influencer négativement le rendement scolaire (Erickson *et al.*, 2000). Bref, certains mécanismes physiologiques, socioéconomiques et psychologiques semblent expliquer les liens observés entre la composition corporelle et le rendement scolaire.

### 1.3.2 La condition physique

Dans les dernières années, un grand intérêt pour la recherche sur les différents impacts d'une bonne condition physique s'est exprimé à travers de nombreux articles publiés sur le sujet. Ainsi, l'endurance cardiorespiratoire, généralement exprimée sous la forme du volume d'oxygène maximal ( $VO_2 \text{ max}$ ), la force musculaire et l'endurance musculaire ont été fréquemment mesurées au fil des recherches et leur lien possible avec le rendement scolaire a été analysé à maintes reprises de différentes façons. En effet, certains ont analysé séparément l'effet de ces déterminants de la condition physique (Bass *et al.*, 2013; Castelli *et al.*, 2007; Raine *et al.*, 2017), alors que d'autres ont créé un score global de la condition physique pour leurs analyses, généralement en fonction de seuils de passation pré-établis pour chacun des tests (Chomitz *et al.*, 2009; Grissom, 2005; London et Castrechini, 2011).

Les résultats obtenus par les différents groupes de chercheurs varient, mais bon nombre indique que la condition physique est positivement associée au rendement scolaire et que le VO<sub>2</sub> max est son déterminant le plus fortement impliqué dans cette relation (Castelli *et al.*, 2007; Esteban-Cornejo *et al.*, 2014). Par exemple, Castelli *et al.* (2007) ont observé que le VO<sub>2</sub> max et l'endurance musculaire étaient positivement corrélés avec les résultats de 259 enfants de troisième et de cinquième année du primaire à des examens d'État en mathématiques et en lecture (valeurs de r comprises entre 0,17 et 0,49;  $p < 0,01$ ). Un autre groupe de chercheurs a rapporté qu'un score global de la condition physique était positivement reliée au rendement scolaire lors d'examens d'État en anglais et en mathématiques de 1 841 jeunes Américains de la quatrième année du primaire à la deuxième année du secondaire (Chomitz *et al.*, 2009). De plus, London et Castrechini (2011) ont réalisé une étude longitudinale d'une durée de 4 ans afin de vérifier s'il y avait un lien entre la condition physique et le rendement scolaire de 2 735 inscrits en quatrième et en sixième année au début du projet. Dans le cadre de cette étude, la condition physique des élèves a été évaluée à l'aide d'une épreuve comprenant six tests mesurant le VO<sub>2</sub> max, la composition corporelle, la force et l'endurance musculaires des muscles abdominaux, des muscles extenseurs du dos et des muscles du haut du corps ainsi que la flexibilité. Afin de réussir cet épreuve de conditionnement physique, les élèves devaient obtenir la note de passage pour cinq des six tests effectués. C'est la réussite ou non de cette épreuve de la condition physique, qui a été réalisée à l'an 1 et à l'an 3 de l'étude, qui a été utilisée pour les fins d'analyse. Les résultats de cette recherche suggèrent qu'il existe un lien significatif entre la condition physique et le rendement scolaire et qu'une amélioration de la condition physique est associée avec un amélioration du rendement scolaire (London et Castrechini, 2011). Finalement, Esteban-Cornejo (2014) ont observé une relation positive entre le VO<sub>2</sub> max et le rendement scolaire (évalué à l'aide des résultats scolaires fourni par l'école pour les cours de langue et de mathématiques de même que pour la moyenne académique générale) dans un échantillon de 2 038 participants

espagnols âgés entre 6 et 18 ans. Ils n'ont toutefois pas observé de lien entre la force musculaire et le rendement scolaire (Esteban-Cornejo *et al.*, 2014).

Il est important de noter que, lors de l'analyse des résultats impliquant les différents tests mesurant la condition physique, la transformation de variables continues en variables dichotomiques (réussite ou échec) peut réduire la puissance statistique jusqu'à 38 % (Cohen, 1983). Cette façon de procéder pourrait ainsi expliquer, en partie, certaines disparités obtenues entre les résultats des différentes études.

Les associations observées entre la condition physique et le rendement scolaire semblent principalement s'expliquer par le biais de la plasticité du cerveau (Bass *et al.*, 2013). En effet, la pratique régulière d'activité physique, souvent associée à une meilleure condition physique (Castelli *et al.*, 2007), permet d'améliorer la plasticité du cerveau en stimulant les connexions entre ses neurones ainsi qu'en stimulant la création de nouveaux neurones (neurogenèse) dans l'hippocampe, une région du cerveau importante pour la mémoire (Ferris *et al.*, 2007; van Praag *et al.*, 1999; Vaynman *et al.*, 2004; Vivar et van Praag, 2017). Ces modifications entraîneraient une amélioration des capacités de mémoire et faciliteraient l'apprentissage (Vaynman *et al.*, 2004), ce qui pourrait expliquer les liens rapportés entre la condition physique et le rendement scolaire. De plus, il a été observé qu'une plus grande endurance cardiorespiratoire était associée avec des changements positifs au niveau de certains processus cognitifs grandement impliqués dans la capacité d'attention et la mémoire (Hillman, *et al.*, 2005), ce qui peut aussi avoir une influence positive sur le rendement scolaire.

#### 1.4 Caractéristiques psychologiques

Les caractéristiques psychologiques englobent ce qui a trait aux interactions humaines, à l'évolution et aux changements qui affectent tout humain. Parmi les caractéristiques

psychologiques les plus souvent associées au rendement scolaire, notons la motivation envers les études, l'estime de soi et l'anxiété.

#### 1.4.1 La motivation envers les études

Selon la théorie de l'auto-détermination, il existe trois grandes catégories de motivation : la motivation intrinsèque, la motivation extrinsèque et l'amotivation (Deci et Ryan, 1985). Il a clairement été démontré au cours des années que la motivation intrinsèque, soit la volonté de s'engager dans une activité pour soi-même, par plaisir ou par intérêt (Deci et Ryan, 1985), a un impact positif sur le rendement scolaire des élèves et, ce, à tous les niveaux d'études (Duchesne et Larose, 2007; Fortier *et al.*, 1995; Hidi et Harackiewicz, 2000; Lleras, 2008; Vallerand, 1997). Par exemple, une étude réalisée auprès de 121 jeunes Québécois de première secondaire a permis d'observer que la motivation intrinsèque envers les études, évaluée à l'aide d'un questionnaire, était fortement corrélée avec la moyenne du rendement scolaire en langue et en mathématiques fourni par l'école ( $r = 0,53$ ;  $p < 0,001$ ) (Duchesne et Larose, 2007). Plusieurs chercheurs ont également rapporté que la motivation extrinsèque, soit le désir de s'engager dans une activité pour une récompense ultérieure ou pour prouver quelque chose (Deci et Ryan, 1985), de même que l'amotivation, soit l'absence de motivation (Deci et Ryan, 1985), sont quant à elles associées à un plus faible rendement scolaire (Fortier *et al.*, 1995; Hidi et Harackiewicz, 2000; Vallerand, 1997).

Cette relation entre la motivation et le rendement scolaire semble s'expliquer par l'autonomie et la proactivité présentes chez les élèves affichant un haut niveau de motivation intrinsèque (Zimmerman *et al.*, 1992). En effet, de nombreux comportements bénéfiques pour le rendement scolaire ont été observés chez ces élèves, dont la mise en place autonome d'objectifs spécifiques pour eux-mêmes et de stratégies pour les atteindre (Bandura, 1989; Schunk, 1990; Zimmerman, 1989). Ainsi, un haut niveau de motivation intrinsèque favoriserait le rendement scolaire par le biais de ces

comportements autonomes et proactifs (Zimmerman et Martinez-Pons, 1990; Zimmerman, et Pons, 1986).

#### 1.4.2 L'estime de soi

Plusieurs études ont rapporté qu'il existe un lien positif entre l'estime de soi et le rendement scolaire des adolescents (Alves-Martins *et al.*, 2002; Baumeister *et al.*, 2003; Fathi-Ashtiani *et al.*, 2007; Kristjánsson *et al.*, 2010). Par exemple, une étude réalisée en Islande sur 5 810 jeunes âgés de 14 et 15 ans a rapporté que l'estime de soi (mesurée par le biais d'un questionnaire) était faiblement et positivement associée au rendement scolaire (auto-rapporté) des élèves ( $r = 0,17$ ;  $p < 0,01$ ). Cependant, l'estime de soi étant un concept complexe, le fonctionnement de la relation entre ces deux variables n'a pas été clairement établi. Certaines études affirment que l'estime de soi influence le rendement scolaire, alors que d'autres prétendent que c'est plutôt le rendement scolaire qui influence l'estime de soi (Alves-Martins *et al.*, 2002; Baumeister *et al.*, 2003). D'un côté, il est soutenu qu'une grande estime de soi mène les élèves à se fixer de plus hautes aspirations, ce qui les rendrait plus persévérandts et confiants et les mènerait à produire des travaux scolaires de meilleure qualité (Baumeister *et al.*, 2003). De l'autre côté, certains soutiennent plutôt que le rendement scolaire peut affecter l'estime de soi d'un élève en fonction de l'importance qu'il accorde à l'école et que la présence d'un autre domaine où il performe permettrait de conserver son estime de soi en cas de mauvais rendement scolaire (Alves-Martins *et al.*, 2002). La relation entre l'estime de soi et le rendement scolaire semble donc être bidirectionnelle.

#### 1.4.3 L'anxiété

L'anxiété, qui fait référence à des sentiments de tension, de peur, de nervosité et d'inquiétude ressentis par un individu en réponse à une stimulation du système nerveux (Carey *et al.*, 2017; Spielberger, 1983), pourrait également jouer un rôle sur le rendement scolaire des élèves. En effet, il a été observé que l'anxiété était négativement reliée au rendement scolaire de différents groupes d'étudiants, dont notamment des enfants, des adolescents et des étudiants universitaires (El-Anzi, 2005; Ialongo *et al.*, 1994; Mazzone *et al.*, 2007; Van Ameringen *et al.*, 2003). Par exemple, en Italie, dans un échantillon de 478 élèves âgés de 8 à 16 ans, Mazzone *et al.* (2007) ont observé que les élèves ayant un niveau élevé d'anxiété (mesuré par questionnaire) avaient un plus grand risque d'obtenir un faible rendement scolaire (résultats scolaires fournis par l'école) que les élèves ayant un niveau d'anxiété qualifié de normal. Cependant, bien que peu de recherches se soient penchées sur le lien de causalité entre l'anxiété et le rendement scolaire, certains auteurs rapportent que des interventions visant à diminuer le niveau d'anxiété en améliorant le fonctionnement du système nerveux autonome ont également entraîné une amélioration des fonctions cognitives (Aritzeta *et al.*, 2017; Bradley *et al.*, 2012). Cela pourrait donc expliquer le lien observé entre l'anxiété et le rendement scolaire.

### 1.5 Caractéristiques sociologiques

Les caractéristiques sociologiques regroupent les différents aspects en lien avec le fonctionnement en société de l'individu. Parmi les caractéristiques sociologiques les plus reconnues dans la littérature scientifique pour influencer le rendement scolaire, notons principalement le niveau socioéconomique (revenu familial, niveau de diplomation des parents) et les influences culturelles (les attitudes, croyances, normes et valeurs en fonction de l'origine ethnique ou de la religion).

### 1.5.1 Le niveau socioéconomique

Le niveau socioéconomique d'un ménage repose principalement sur le revenu familial, mais peut aussi être estimé par différents aspects tels que le niveau d'éducation des parents, le type d'emploi occupé de même que la situation d'emploi (Hollingshead, 1975). Au cours des dernières décennies, il a été clairement établi que le niveau socioéconomique dans lequel évolue un jeune influence sa réussite à l'école, un faible niveau socioéconomique étant relié à un plus faible rendement scolaire et à un plus haut taux de décrochage scolaire (Alexander *et al.*, 2006; Battin-Pearson, 2000; Sutton et Soderstrom, 1999). Par exemple, Sutton et Soderstrom (1999) ont rapporté une forte corrélation entre le niveau de revenu familial (faible, modéré, élevé; fourni par l'école) et les résultats aux examens d'État en lecture et en mathématiques d'élèves de la troisième année du primaire et de quatrième secondaire provenant des 3 856 écoles de l'État de l'Illinois ( $r = -0,79$  et  $-0,72$ , respectivement;  $p < 0,001$ ).

L'influence négative d'un faible niveau socioéconomique sur le rendement scolaire semble s'expliquer par différents facteurs. Tout d'abord, l'environnement familial des élèves moins bien nantis occasionnerait moins de stimulations liée à l'éducation (moins de livres à la maison, moins de temps passé à lire avec les parents, parents moins impliqués dans le cheminement scolaire de leur enfant) que l'environnement familial des élèves provenant de milieux plus favorisés (Christenson *et al.*, 1997; Hecht et Greenfield, 2001). De plus, les élèves issus d'un milieu défavorisé présenteraient une plus faible estime d'eux-mêmes (Bolger *et al.*, 1995; Hecht et Greenfield, 2001) de même qu'un plus haut taux d'absentéisme (Alexander *et al.*, 2001; Sutton et Soderstrom, 1999) que leurs comparses mieux nantis. Ainsi, le niveau socioéconomique d'un élève semble être en mesure d'influencer son rendement scolaire par l'entremise d'un grand nombre facteurs et, pour cette raison, est inclus comme variable de contrôle dans la majorité des études portant sur l'éducation (Jeynes, 2002).

### 1.5.2 Les influences culturelles

Il a également été rapporté dans la littérature que la langue maternelle et l'origine ethnique des élèves pouvaient influencer leur rendement scolaire (Green *et al.*, 2003; Rienties *et al.*, 2012; Salamonson et Andrew, 2006; Severiens et Wolff, 2008). En effet, il a été observé que les étudiants dont la langue maternelle étaient différente de la langue d'enseignement présentaient un moins bon rendement scolaire que les autres étudiants (Green *et al.*, 2003; Salamonson et Andrew, 2006). Par exemple, en Australie, Salamonson et Andrew (2006) ont analysé le rendement scolaire à deux cours précis de 235 étudiants en soins infirmiers. Ils ont observé que le fait d'avoir une langue maternelle autre que la langue d'enseignement pouvait expliquer, en partie, le plus faible rendement scolaire de ces étudiants dans ces deux cours ( $\beta = -0,25$  et  $\beta = -0,19$ ;  $p < 0,001$ ) (Salamonson et Andrew, 2006).

D'autre part, certaines études se sont intéressées à l'origine ethnique des étudiants et ont rapporté des différences significatives dans le rendement scolaire des individus en fonction de leur ethnie respective (Rienties *et al.*, 2012; Severiens et Wolff, 2008). Par exemple, dans le cadre d'un projet de recherche, 523 étudiants provenant de 4 différentes universités néerlandaises ont indiqué à l'intérieur d'un questionnaire leur origine ethnique et leur résultats scolaires (Severiens et Wolff, 2008). Les analyses réalisées par les chercheurs ont indiqué que les étudiants s'identifiant à une des minorités ethniques présentaient un rendement scolaire significativement moins élevé que les étudiants s'identifiant à la majorité au terme de leur première année d'études universitaires (Severiens et Wolff, 2008).

Un des mécanismes permettant d'expliquer les associations observées entre les influences culturelles et le rendement scolaire est la difficulté que présente le fait d'étudier dans une langue autre que notre langue maternelle (Graham, 1987; Phillips et Hartley, 1990). Les difficultés d'intégration parfois vécues par les élèves s'identifiant

à des minorités ethniques pourraient également influencer négativement le rendement scolaire et permettre d'expliquer en partie les relations observées entre les influences culturelles et le rendement scolaire (Eimers et Pike, 1997; Niehaus *et al.*, 2017; Read *et al.*, 2003).

Finalement, il a déjà été rapporté que l'athéisme était associé avec un meilleur rendement scolaire (Dubuc *et al.*, 2017). Même si les mécanismes exacts expliquant cette relation demeurent inconnus, certaines études ont identifié des pistes à considérer, soit les liens entre la religiosité, l'intelligence et la prise de décision (Cottone *et al.*, 2007; Schieman, 2011).

### 1.6 Les habitudes de vie

L'adoption de bonnes habitudes de vie est primordiale pour maintenir une bonne santé physique et mentale (Carson *et al.*, 2016). En ce sens, les *Directives canadiennes en matière de mouvement sur 24 heures* ont été développées et englobent des recommandations pour les différentes tranches d'âge de la population quant à la pratique d'activité physique, au sommeil et au comportement sédentaire (Tremblay *et al.*, 2016). Ainsi, pour les jeunes de 5 à 17 ans, il est recommandé de pratiquer des activités physiques d'intensité moyenne à élevée pendant au moins 60 minutes par jour, de dormir entre 8 et 11 heures par nuit en fonction de l'âge ainsi que de passer un maximum de 2 heures par jour devant un écran (Tremblay *et al.*, 2016). Le respect de ces directives en matière de saines habitudes de vie, de même que l'adoption de bonnes habitudes alimentaires, semblent avoir une influence positive sur le rendement scolaire des élèves (Correa-Burrows *et al.*, 2016; Edwards *et al.*, 2011; García-Hermoso et Marina, 2017; So, 2013; Stroebele *et al.*, 2013).

### 1.6.1 La pratique d'activité physique

La pratique d'activité physique et ses impacts sur le rendement scolaire des élèves est sans contredit une des habitudes de vie les plus documentées à ce jour. En effet, les résultats de nombreuses études soutiennent que la pratique d'activité physique permet non seulement d'améliorer son état de santé, mais permet également d'améliorer son rendement scolaire (Ericsson et Karlsson, 2014; Fox *et al.*, 2010; Hillman *et al.*, 2009). Par exemple, un projet de recherche longitudinal d'une durée de 9 ans complété par 220 participants provenant tous de la même école a été réalisé en Suède (Ericsson et Karlsson, 2014). Les élèves étaient âgés entre 7 et 9 ans au début de l'étude. Cent vingt-neuf élèves ont participé à l'intervention qui consistait en 5 périodes par semaine d'éducation physique de 45 minutes chacune, pour un total de 225 minutes d'éducation physique par semaine pendant les 9 années du suivi. La somme des résultats scolaires en langue et en mathématiques de ces élèves ont été comparés avec celle des élèves du groupe contrôle ( $n = 91$ ), qui eux participaient à 2 séances de 45 minutes d'éducation physique par semaine. Les chercheurs ont observé un rendement scolaire supérieur de 7,8 % chez les garçons du groupe intervention en comparaison avec ceux du groupe contrôle ( $p < 0,05$ ) (Ericsson et Karlsson, 2014). D'ailleurs, un panel d'experts a récemment énoncé le Consensus de Copenhague, qui indique que la pratique d'activité physique a un effet positif sur le rendement scolaire (Bangsbo *et al.*, 2016).

D'autre part, l'intensité à laquelle est pratiquée l'activité physique pourrait également influencer le rendement scolaire des jeunes (Ardoy *et al.*, 2014; Coe *et al.*, 2006; Edwards *et al.*, 2011). Par exemple, en Espagne, Ardoy et al. (2014) ont réalisé une intervention randomisée d'une durée de 4 mois chez 67 adolescents âgés entre 12 et 14 ans. Les participants étaient répartis en trois groupes distincts, soit le groupe contrôle (2 sessions de 55 minutes d'activité physique d'intensité modérée par semaine), le groupe « actif » (4 sessions de 55 minutes d'activité physique d'intensité modérée par semaine) et le groupe « intense » (4 sessions de 55 minutes d'activité physique d'intensités

modérée et élevée par semaine). Ils ont rapporté que les participants du groupe « intense » ont démontré une plus grande amélioration de leur rendement scolaire que les participants des groupes contrôle et « actif » (respectivement 7 % et 6 % de plus pour leur moyenne générale;  $p < 0,05$ ) (Ardoy *et al.*, 2014).

Par ailleurs, le fait de participer à des sports d'équipe pourrait également être un facteur associé à un meilleur rendement scolaire (Fox *et al.*, 2010; Marsh et Kleitman, 2003). En effet, lors de leur étude menée aux États-unis sur un échantillon de 4 746 élèves âgés de 11 à 18 ans, Fox *et al.* (2010) ont observé que les élèves qui pratiquaient des sports d'équipe présentaient de meilleurs résultats scolaires (auto-rapportés) que les autres élèves (différences variant entre 4 % et 9%;  $p < 0,05$ ). Ils ont également observé une tendance selon laquelle le nombre d'équipes sportives auxquelles participaient les élèves était positivement associé avec leur rendement scolaire (Fox *et al.*, 2010).

Finalement, il a été rapporté qu'une intervention visant à augmenter le niveau d'activité physique chez les enfants au détriment d'heures de classe n'était pas associée à une baisse du rendement scolaire (Ahamed *et al.*, 2007; Mullender-Wijnsma *et al.*, 2016; Sallis *et al.*, 1999). Par exemple, Ahamed *et al.* (2007) ont évalué l'impact d'un programme de la Colombie-Britanique visant à augmenter la pratique d'activité physique dans les écoles primaires sur 288 élèves de quatrième et cinquième années. En moyenne, les élèves de l'intervention pratiquaient 47 minutes de plus d'activité physique par semaine pendant les heures de classe que les élèves du groupe contrôle. Les résultats indiquent que, suite à l'intervention, le rendement scolaire des élèves du groupe intervention est comparable à celui du groupe contrôle et, ce, malgré le fait que les élèves du groupe contrôle présentaient un rendement scolaire significativement plus élevé que leurs comparses avant le début de l'intervention (Ahamed *et al.*, 2007).

Les mécanismes impliqués dans les liens observés entre la pratique d'activité physique et le rendement scolaire sont nombreux. Tel que détaillé au point 1.3.2, la pratique régulière d'activité physique semble influencer positivement la plasticité du cerveau

(Bass *et al.*, 2013; Ferris *et al.*, 2007; van Praag *et al.*, 1999; Vaynman *et al.*, 2004; Vivar et van Praag, 2017), ce qui entraînerait une amélioration des capacités de mémoire et faciliterait l'apprentissage (Vaynman *et al.*, 2004). De plus, il a été rapporté que les participants obtenaient de meilleurs résultats à des tests évaluant les capacités d'attention et d'inhibition ainsi que la mémoire de travail suite à une période de pratique d'activité physique que suite à une période assise (Hillman, *et al.*, 2009; Pontifex *et al.*, 2009). Ces effets de la pratique d'activité physique sur les fonctions cognitives peuvent avoir une influence positive sur le rendement scolaire. Finalement, il a été suggéré que la pratique d'un sport d'équipe à l'école favoriserait le développement d'un sentiment d'appartenance envers l'école, ce qui peut influencer positivement le rendement scolaire (Fox *et al.*, 2010; Marsh et Kleitman, 2003).

#### 1.6.2 Les habitudes de sommeil

Au Canada, une récente analyse des habitudes de vie de 4 157 jeunes âgés entre 6 et 17 ans indique que seulement 24,5 % de ces jeunes suivent les recommandations en termes de durée de sommeil (9 à 11 heures par nuit chez les 5 à 13 ans et de 8 à 10 pour les 14 à 17 ans) (Carson, Valerie *et al.*, 2017). Or, le manque de sommeil, fréquemment observé à l'adolescence, semble être significativement associé à une baisse du rendement scolaire (Gibson *et al.*, 2006; Stroebel *et al.*, 2013; Wolfson et Carskadon, 1998). Par exemple, dans un échantillon de 3 120 jeunes Américains âgés de 13 à 19 ans, Wolfson et Carskadon (1998) ont observé que les élèves qui présentaient un meilleur rendement scolaire auto-rapporté dormaient en moyenne 34 minutes de plus par nuit ( $p < 0,001$ ) et se couchaient en moyenne 55 minutes plus tôt les soirs de semaine ( $p < 0,001$ ) que les élèves présentant le rendement scolaire auto-rapporté le plus faible. Une autre étude menée aux États-Unis sur 1 095 élèves de cinquième année rapporte que 74,0 % des élèves qui respectent les recommandations quant à la durée du sommeil rapportent présenter un excellent rendement scolaire en comparaison avec

61,9 % des élèves qui dorment moins de 9 heures par nuit ( $p < 0,001$ ) (Stroebele *et al.*, 2013). Parmi les mécanismes susceptibles d'expliquer l'association entre les habitudes de sommeil et le rendement scolaire, notons les symptômes d'endormissement vécus pendant les heures de classe par les élèves manquant de sommeil, ce qui peut nuire à leur rendement scolaire (Fallone *et al.*, 2001), de même qu'un effet favorable du sommeil sur la mémoire de travail (Sadeh *et al.*, 2003) et les fonctions cognitives de façon plus globale (Walsh *et al.*, 2018), ce qui pourrait influencer positivement le rendement scolaire.

### 1.6.3 Le temps écran

Le temps écran réfère à la fois au temps passé devant la télévision, l'ordinateur, la tablette et le cellulaire pour autre chose que pour le travail ou les travaux scolaires. Une proportion de 51,8 % des jeunes Canadiens semble respecter les recommandations d'un maximum de 2 heures de temps écran par jour (Carson, Valerie *et al.*, 2017). L'utilisation d'écrans pour une durée quotidienne supérieure à deux heures est négativement associée avec le rendement scolaire (García-Hermoso et Marina, 2017; Sharif et Sargent, 2006; Yan *et al.*, 2017). Par exemple, selon une étude menée chez 395 jeunes Chiliens de première secondaire, les adolescents qui passent plus de 2 heures par jours devant les écrans semblent obtenir un plus faible rendement scolaire, mesuré par une moyenne entre les résultats scolaires en langue et en mathématiques) que les adolescents qui suivent les recommandations (garçons : odds ratio (OR) = 0,50; 95 % intervalle de confiance (IC) = 0,26-1,21; filles : OR = 0,49; 95 % IC = 0,23-1,15) (García-Hermoso et Marina, 2017). Les mécanismes mis de l'avant pour expliquer ces associations sont la réduction de la durée du sommeil habituellement observée chez les jeunes passant un nombre élevé d'heures devant les écrans (Walsh *et al.*, 2018) de même que l'impact des écrans sur les fonctions cognitives (Anderson et Subrahmanyam, 2017; Walsh *et al.*, 2018). Par contre, les résultats de récentes études

soutiennent que l'influence des écrans sur les fonctions cognitives varierait en fonction du type d'écran utilisé (Walsh *et al.*, 2018). Par exemple, les jeux vidéos pourraient permettre l'amélioration de certaines fonctions cognitives liées au traitement de l'information, alors que la télévision serait associée avec une diminution des fonctions cognitives, plus spécifiquement des capacités d'attention (Anderson et Subrahmanyam, 2017). Or, à notre connaissance, aucune étude n'a à ce jour tenté de mesuré séparément l'influence du temps passé devant chacun des types d'écran sur le rendement scolaire.

#### 1.6.4 Les habitudes alimentaires

L'habitude alimentaire la plus fréquemment étudiée chez les élèves est sans contredit la prise quotidienne du petit-déjeuner. Au Canada, la prévalence de la prise quotidienne du petit-déjeuner est de 87,9 % chez les adolescents (13 à 17 ans) et de 96,9 % chez les enfants (6 à 12 ans) (Barr *et al.*, 2018). Le petit-déjeuner étant généralement considéré comme le repas le plus important de la journée (Adolphus *et al.*, 2016), son impact positif sur le rendement scolaire a été rapporté à plusieurs reprises (Edwards *et al.*, 2011; Lien, 2007; So, 2013). Par exemple, en Corée, So (2013) a analysé l'association entre la fréquence hebdomadaire de la prise du petit-déjeuner et le rendement scolaire (auto-rapporté) de 75 643 élèves de 12 à 18 ans. Les résultats de cette étude indiquent que les adolescents et les adolescentes qui déjeunent à tous les jours ont de 1,7 à 1,9 plus de chance de présenter un excellent rendement scolaire que leurs camarades qui ne déjeunent pas ( $p < 0,001$ ) (So, 2013). D'autres habitudes alimentaires, notamment la qualité de l'alimentation, ont également été identifiées comme étant associées au rendement scolaire des élèves (Correa-Burrows *et al.*, 2016; Haapala *et al.*, 2017). Par exemple, il a été observé dans un échantillon de 395 jeunes Chiliens de 16 ans que les adolescents qui présentaient une diète malsaine avaient moins de chances d'avoir de bons résultats scolaires à des tests de langue (OR = 0,42; 95 % IC = 0,18-0,98), de mathématiques (OR = 0,35; 95 % IC = 0,15-0,82) ainsi que pour leur moyenne

académique générale ( $OR = 0,22$ ; 95 % IC = 0,09-0,56) que les adolescents qui présentaient une diète saine (Correa-Burrows *et al.*, 2016).

Ces relations entre les habitudes alimentaires et le rendement scolaire semblent s'expliquer par l'amélioration du fonctionnement du cerveau (Affinita *et al.*, 2013; Pivik *et al.*, 2012). Il a effectivement été observé que la prise du petit-déjeuner était associée une activité neuronale améliorée (Pivik *et al.*, 2012) ainsi qu'avec de meilleures fonctions cognitives, en particulier au niveau de la mémoire de travail et des capacités d'attention (Affinita *et al.*, 2013). Il a également été rapporté qu'une alimentation de qualité, évaluée à partir des recommandations nationales, était associée avec une meilleure mémoire de travail (Gale *et al.*, 2009). Ces observations pourraient donc expliquer les liens observés entre les habitudes alimentaires et le rendement scolaire.

#### 1.6.5 La situation d'emploi

L'occupation d'un emploi pendant l'année scolaire est associé avec un moins bon rendement scolaire (Schoenhals *et al.*, 1998; Singh, 1998). Par exemple, une étude menée aux États-Unis sur 3 752 élèves de quatrième secondaire a évalué l'impact des heures travaillées sur les résultats scolaires en langue, mathématiques, sciences et histoire (Singh, 1998). Il a été observé que l'occupation d'un emploi avait un impact négatif sur le rendement scolaire (valeurs de  $\beta$  comprises entre -0,07 et -0,05,  $p < 0,05$ ) et que l'augmentation du nombre d'heures de travail renforçait cette relation (Singh, 1998). Cette association semble principalement s'expliquer par la diminution du temps consacré aux études par les élèves qui occupent un emploi en comparaison aux élèves qui n'en occupent pas (Astin, 1998; Oettinger, 1999), ce qui pourrait influencer le rendement scolaire.

### 1.7 Différenciation entre les filles et les garçons

Finalement, plusieurs chercheurs soutiennent qu'il existe une différence dans le rendement scolaire des filles et des garçons. (Britner, 2008; Buchmann *et al.*, 2008; Duckworth et Seligman, 2006; Goetz *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2017; Pomerantz *et al.*, 2002; Rahafar *et al.*, 2015; Reynolds *et al.*, 2015; Scheiber *et al.*, 2015). Par exemple, aux États-Unis, Duckworth et Seligman (2006) ont étudié la différence entre le rendement scolaire des filles et celui des garçons dans 2 cohortes respectivement composées de 137 et de 167 élèves de deuxième secondaire. Les résultats scolaires obtenus par les participants lors de leurs cours de mathématiques, de langue (anglais) et de sciences humaines de même que leur moyenne académique générale ont été fournis par l'école. Dans les 2 cohortes, les filles présentaient un meilleur rendement scolaire que les garçons, avec une taille d'effet ( $d$ ) allant jusqu'à 0,8 en mathématiques ( $p < 0,05$ ), 0,7 en langue ( $p < 0,001$ ), 0,6 en sciences humaines ( $p < 0,01$ ) et jusqu'à 0,7 pour la moyenne académique générale ( $p < 0,001$ ) (Duckworth et Seligman, 2006). De plus, les différences dans le rendement scolaire entre les filles et les garçons semblent plus importantes à l'adolescence que lors de l'enfance (Lindberg *et al.*, 2010).

Différentes théories pouvant expliquer les différences dans le rendement scolaire des filles et des garçons ont été avancées. Par exemple, Duckworth et Seligman (2006) ont suggéré que les filles présentaient un meilleur rendement scolaire que les garçons notamment parce qu'elles sont plus disciplinées. Pour leur part, Pomerantz *et al.* (2002) expliquent ces différences en soutenant que les filles ont un plus grand désir de plaire aux adultes que les garçons et qu'elles mettent plus d'accent que ceux-ci dans leur préparation en vue de leurs évaluations scolaires. Finalement, certains suggèrent que des différences au niveau des fonctions cognitives pourraient être à l'origine de ce phénomène (Nagliari & Rojahn, 2001; Spielberg *et al.*, 2015). Par exemple, Nagliari et Rojahn (2001) ont mené une étude sur 2 111 Américains âgés de 5 à 17 ans. Ils ont conclu que les filles présentaient de meilleures fonctions cognitives que les garçons et

que cet écart était plus prononcé à l'adolescence (11 à 17 ans) que lors de l'enfance (5 à 7 et 8 à 10 ans) (Naglieri & Rojahn, 2001).

### 1.8 Bilan et question de recherche

Au regard de cette revue de la littérature, il apparaît évident que le rendement scolaire peut être influencé par de nombreux facteurs. Cependant, la vaste majorité des études s'intéressant au sujet ont évalué de façon isolée l'impact d'une seule catégorie de facteurs sur le rendement scolaire. Or, l'utilisation d'une approche multifactorielle dans l'étude du rendement scolaire permettrait de dresser un portrait plus complet du sujet et de mieux cerner l'importance relative de chacun des facteurs impliqués dans l'équation. Ensuite, une grande partie de la littérature réalisée en contexte scolaire porte sur des enfants ou des pré-adolescents. Alors que l'adolescence est une période de grands changements, principalement causés par la puberté (Christie et Viner, 2005), il apparaît être plus que pertinent de vérifier l'état de la question chez des adolescents. Est-ce que la relation étroite entre les fonctions cognitives et le rendement scolaire des enfants existe également chez les adolescents, eux qui traversent une période caractérisée par un développement rapide et important du cerveau (Leon-Carrion *et al.*, 2004; Romine et Reynolds, 2005)? Est-ce qu'il y a un facteur ou une catégorie de facteurs qui se démarque de par son association avec le rendement scolaire? Est-ce que les facteurs favorisant le rendement scolaire des filles sont les mêmes que chez les garçons? Est-ce que toutes ces relations évoluent au fil du temps? Ces questions, laissées sans réponse complète par la littérature actuelle, ont motivé le présent projet de recherche.

## CHAPITRE II

### OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

#### 2.1 Objectif général

L'objectif général de cette thèse est d'étudier l'influence de facteurs cognitifs, physiques, psychologiques, sociologiques et des habitudes de vie sur le rendement scolaire des adolescents.

#### 2.2 Objectifs spécifiques

Afin d'atteindre cet objectif général, trois objectifs spécifiques ont été formulés.

##### 2.2.1 Objectif spécifique 1

Notre premier objectif spécifique est de déterminer le rôle que jouent les fonctions cognitives (mémoire de travail, capacités d'attention et d'inhibition), les facteurs physiques (composition corporelle, consommation d'oxygène maximale, force musculaire, endurance musculaire, flexibilité, circonférence de la taille), psychologiques (motivation envers les études, estime de soi et anxiété), sociologiques (niveau socioéconomique et influences culturelles) et les habitudes de vie (pratique d'activité physique, sommeil, temps écran et alimentation) sur le rendement scolaire des élèves du secondaire.

Nous avons émis l'hypothèse qu'il existe une configuration favorable concernant les fonctions cognitives, les caractéristiques physiques, psychologiques, sociologiques et les habitudes de vie qui pourrait favoriser le rendement scolaire des élèves du secondaire et que, conformément à la littérature existante, les fonctions cognitives seront le facteur le plus important dans cette relation.

### 2.2.2 Objectif spécifique 2

Notre second objectif spécifique est de vérifier s'il existe une différence dans le rendement scolaire des garçons et des filles et de déterminer si certains facteurs mentionnés précédemment peuvent expliquer cette différence.

Nous avons émis l'hypothèse selon laquelle les filles présenteront un meilleur rendement scolaire que les garçons et que cette différence s'expliquera par de meilleures fonctions cognitives chez les filles.

### 2.2.3 Objectif spécifique 3

Finalement, notre troisième objectif spécifique est d'explorer si un ou plusieurs facteurs précédemment énumérés permettent d'expliquer la variation sur trois ans du rendement scolaire.

Nous avons émis une hypothèse générale selon laquelle une combinaison de facteurs mesurés dans cette étude permettra d'expliquer une partie importante de la variation sur trois ans du rendement scolaire.

## CHAPITRE III

### MÉTHODOLOGIE

#### 3.1     Vue d'ensemble

Pour mener à terme cette étude longitudinale, un suivi d'une durée de trois années scolaires a été réalisé auprès de 205 adolescents (123 filles) volontaires fréquentant la même école secondaire publique francophone de Montréal. Afin d'étudier le rendement scolaire dans un contexte où la performance est un aspect important de la réalité des jeunes, l'école secondaire choisie est une école qui suit un programme particulier appelé Baccalauréat International (communément appelé BI ou école internationale). Dans la province de Québec, ce programme correspond à un programme enrichi. Pour accéder à ce programme, les élèves inscrits dans cette école devaient avoir d'excellents résultats scolaires au primaire et ont dû réussir des tests d'admission.

Les informations relatives à l'étude, les divers tests effectués ainsi que la séquence d'administration des tests ont été expliqués en détail au participant et à ses parents/tuteurs. Après avoir pris connaissance du formulaire de consentement de l'étude, le participant et ses parents/tuteurs l'ont signé afin d'indiquer qu'ils acceptent que l'élève participe à l'étude. Toutes les procédures de cette étude ont été approuvées par la direction de l'école, par son Conseil d'établissement, par la Commission scolaire concernée de même que par le Comité d'éthique de la recherche pour les projets étudiants de la Faculté des Sciences de l'Université du Québec à Montréal.

### 3.2 Participants

#### 3.2.1 Critères d'inclusion et d'exclusion

Afin d'être éligible à l'étude, l'élève devait fréquenter l'école secondaire visée par l'étude et être inscrit en première, deuxième ou troisième secondaire au début du processus. Les participants devaient également avoir une vision normale (ou une vision corrigée à la normale) afin d'être en mesure de compléter les différents tests et questionnaires. Finalement, la présence d'un trouble neurologique chez l'élève, tel qu'un problème d'inattention, dépisté à l'aide de la version Youth Self-Report du questionnaire Child Behavior Check List (Achenbach et Rescorla, 2001) était également un critère d'exclusion étant donné l'importance de l'évaluation des fonctions cognitives dans le cadre de ce projet.

#### 3.2.2 Échantillon

Au début de l'étude, 205 adolescents se sont inscrits pour participer au projet, ce qui représente 34,8 % des élèves éligibles. Après la vérification des critères d'exclusion, six élèves ont dû être exclus du projet dû à la présence de troubles neurologiques. Nous avons donc débuté l'an 1 du projet avec un total de 199 participants. Entre l'an 1 et l'an 2, 1 participant s'est désisté et 7 ont changé d'école. Puis, entre l'an 2 et l'an 3, 1 élève a dû se retirer de l'étude pour des problèmes de santé et 3 autres ont changé d'école. Nous avons donc terminé le projet avec 187 participants (voir figure 3.1).

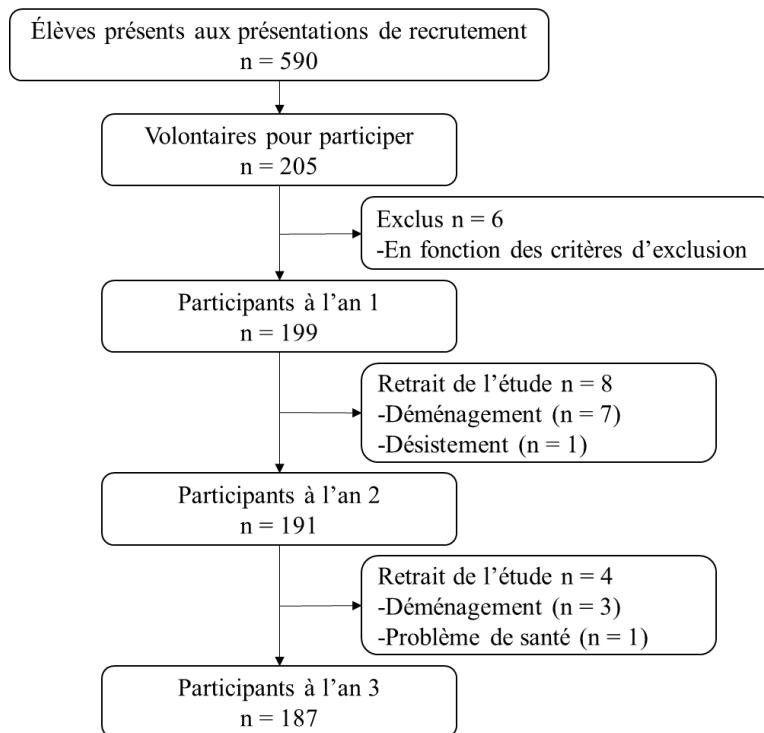


Figure 3.1      Organigramme des participants de l'étude

### 3.3      Déroulement et procédures

Les tests se sont déroulés en trois phases distinctes qui ont eu lieu à chacune des trois années scolaires prises en compte dans l'étude. Pour débuter (phase 1), les participants et leurs parents/tuteurs ont complété un questionnaire sur les antécédents médicaux et les problèmes de santé des participants. Ensuite (phase 2), une évaluation des aspects physiques de chacun des élèves participant à l'étude a été réalisée pendant les cours d'éducation physique et à la santé. Cette évaluation a été effectuée pendant 2 périodes de 75 minutes séparées par 7 jours. Puis (phase 3), les participants ont complété l'évaluation de leurs fonctions cognitives ainsi que des questionnaires évaluant leurs caractéristiques psychologiques et sociologiques, leur stade de puberté et leurs

habitudes de vie. La complétion de cette phase de l'étude a nécessité une période de classe d'une durée de 75 minutes suivie, au besoin, d'une période d'encadrement de 30 minutes.

### 3.4 Instruments de mesure

#### 3.4.1 Variables de contrôle

Afin de contrôler l'effet de certaines caractéristiques particulières sur les analyses réalisées dans le cadre de ce projet, nous avons évalué *le stade de puberté* des participants à l'aide de l'Échelle des stades de la puberté (Petersen *et al.*, 1988). Aussi, *le niveau socioéconomique* au sein duquel les élèves évoluent a été estimé à l'aide de l'indice à quatre facteurs de Hollingshead (Hollingshead, 1975). Les facteurs servant au calcul de cet indice pour chacun des parents des participants sont le statut civil, le niveau de formation, le statut d'emploi et la profession exercée. Finalement, *l'origine ethnique* telle qu'auto-rapportée par les participants via un questionnaire a également été utilisée.

#### 3.4.2 Rendement scolaire

*Le rendement scolaire* des participants a été évalué à l'aide de leur bulletin de fin d'année scolaire et, ce, pour chacune des trois années scolaires prises en compte dans l'étude. Les notes finales, en pourcentage, pour les cours de sciences, de mathématiques, de français de même que la moyenne académique générale des participants ont été transmises par l'école à l'équipe de chercheurs.

### 3.4.3 Fonctions cognitives

Deux tâches évaluant les capacités d'attention et d'inhibition ainsi que la mémoire de travail, des fonctions cognitives communément sollicitées en milieu scolaire, ont été réalisées.

Tout d'abord, *les capacités d'attention et d'inhibition* ont été évaluées à l'aide de la tâche Flanker (Eriksen et Eriksen, 1974). Cette tâche validée (Meyer *et al.*, 2014) a été complétée sur ordinateur, à l'aide du logiciel Inquisit 4.0.9 de Millisecond (2015). Lors de cette tâche, le participant voyait une série de cinq flèches encadrées par un rectangle noir. Il devait donner le sens de la flèche centrale qui lui était présentée. Les images de flèches présentées pouvaient être congruentes (p. ex. : →→→→→) ou non congruentes (p. ex. : →→←→→). Le participant devait indiquer de façon correcte le plus rapidement possible le sens de la flèche centrale en appuyant sur la lettre « Q » du clavier lorsque celle-ci pointait vers la gauche ou sur la lettre « P » du clavier lorsqu'elle pointait vers la droite. La tâche était composée de 2 blocs de 75 essais chacun, précédés par un bloc de pratique de 10 essais (5 congruents et 5 non congruents). Tout au long de la tâche, un nombre égal d'images congruentes et non congruentes ainsi que de flèches pointant vers la gauche et de flèches pointant vers la droite a été présenté au participant. Les flèches, noires, mesuraient 2,5 cm et apparaissaient à l'écran pour une durée de 200 ms avec un intervalle de 1700 ms entre les apparitions. Le pourcentage de réussite de même que le temps moyen de réaction pour chacune des deux conditions (congruente et non congruente) ont été recueillis. De plus, l'interférence dans la réussite a été calculé en soustrayant la taux de réussite dans la condition non congruente au taux de réussite de la condition congruente, alors que l'interférence dans le temps moyen de réaction a été obtenu en soustrayant le temps moyen de réaction de la condition congruente au temps moyen de réaction de la condition non congruente. Ainsi, une valeur d'interférence plus élevée représente une moins bonne performance lors de la tâche.

Par la suite, *la mémoire de travail* a été évaluée avec la tâche N-back (Kirchner, 1958; Mackworth, 1959). Cette tâche validée (Hockey et Geffen, 2004) a également été complétée sur ordinateur à l'aide du logiciel Inquisit 4.0.9 de Millisecond (2015). Pendant cette tâche, des lettres blanches de 3 cm sur un fond d'écran noir ont été présentées au participant, une lettre à la fois. Le participant devait correctement et le plus rapidement possible déterminer si l'image présentée apparaissait  $n$  position(s) auparavant en fonction de la condition à respecter. (1-back ou 2-back). Pour la condition 1-back, le participant devait appuyer sur la touche « A » du clavier à chaque fois que la lettre qui apparaissait était identique à la lettre précédente (p. ex. : G-P-U-S-**S**-P-S). Pour ce qui est de la condition 2-back, le participant devait appuyer sur la touche « A » du clavier à chaque fois que la lettre qui apparaissait était identique à l'avant-dernière lettre présentée (p. ex. : G-P-U-S-S-P-**S**). La tâche était composée de 3 blocs de 24 essais pour chacune des deux conditions ainsi que de 2 blocs de pratique de 10 essais chacun (1 bloc de pratique par condition). Pendant la tâche, la condition demandée, les lettres de même que les cibles (moments où le participant devait appuyer sur la touche) présentées aux participants étaient ordonnés de façon aléatoire, avec un nombre de cibles par bloc fixé à huit. Les lettres apparaissaient à l'écran pour une durée de 500 ms et un intervalle de 2500 ms était laissé entre l'apparition des différentes lettres. Le pourcentage de réussite de même que le temps moyen de réaction pour chacune des deux conditions ont été recueillis.

#### 3.4.4 Caractéristiques physiques

Parmi les composantes physiques, nous avons évalué la taille, la circonférence de la taille, la composition corporelle, le VO<sub>2</sub> max, la force musculaire, l'endurance musculaire et la flexibilité.

*La taille* en position debout a été mesurée en utilisant un stadiomètre au mur (Perspective Enterprises, Portage, MI). *La circonférence de la taille* a été mesurée à

l'aide d'un ruban à mesurer, avec une précision de 0,5 cm, selon les directives standardisées de Norton et Olds (1996). Le milieu entre l'épine iliaque antéro-supérieure et la dernière côte flottante a été identifié de chaque côté du corps du participant (approximativement 1 cm en dessous du nombril). La mesure du tour de taille a été prise en encerclant le participant à cet endroit à l'aide du ruban à mesurer. Les mesures de la taille ainsi que de la circonférence de la taille ont été prises deux fois chacune. Les valeurs moyennes des deux prises ont été utilisées pour les analyses.

Les différents aspects de la composition corporelle, c'est-à-dire *la masse corporelle, le pourcentage de masse grasse corporelle, la masse maigre et l'indice de masse corporelle (IMC)* ont été évalués à l'aide de l'analyseur de composition corporelle par bio-impédancemétrie segmentaire InBody 230 (Biospace, CA, USA), un outil validé (Karelis *et al.*, 2013) qui utilise un système tétrapolaires à 8 points de contacts par électrodes. Cette méthode consiste à mesurer la composition corporelle grâce à un flux électrique traversant le corps humain. Plus spécifiquement, l'impédance est la mesure de l'opposition que rencontre un courant électrique de faible intensité lorsqu'il passe dans le corps via l'eau contenue à l'intérieur et à l'extérieur des cellules. Cette méthode est indolore et sécuritaire. Le participant devait enlever ses souliers ainsi que ses bas et porter des vêtements légers (vêtements d'éducation physique). L'impédance bioélectrique a été mesurée pendant que le participant se tenait debout sur l'appareil et agrippait avec ses mains les poignées prévues à cet effet. Finalement, le participant devait être à jeun depuis trois heures, il devait uriner avant l'évaluation et ne devait pas réaliser d'activité physique avant l'évaluation. L'IMC a été calculé par l'appareil en divisant la masse corporelle (kg) du participant par sa taille au carré ( $m^2$ ).

*Le VO<sub>2</sub> max* a été estimée à l'aide du test navette 20 mètres (Léger *et al.*, 1988). Le test Léger est une course navette sur 20 mètres effectuée en gymnase au rythme d'un signal sonore pré-enregistré. La vitesse de départ est de 8,5 km/h et augmente de 0,5 km/h à chaque palier, soit à chaque minute. Le test a été arrêté dès que le participant se sentait

incapable de poursuivre ou ne réussissait plus à atteindre la ligne de 20 mètres au moment du signal sonore. Le dernier palier complété était considéré comme étant le résultat du participant. Ce test validé permettait au participant d'obtenir une évaluation précise de sa capacité aérobie en utilisant la formule suivante :  $\text{VO}_2 \text{ max} = 31,025 + 3,238v - 3,248a + 0,1536va$ , où v = la vitesse du dernier palier complété et a = l'âge du participant (Léger et al., 1988).

*La force de préhension*, soit la force maximale développée par chaque main, avec prise volontaire, a été évaluée par un dynamomètre (Smedley-Type Hand Dynamometer, ERP, Laval, Canada) en suivant la procédure de Société Canadienne de physiologie de l'exercice (Société canadienne de physiologie de l'exercice (SCPE), 2013). Pour effectuer ce test validé (SCPE, 2013), le participant devait se tenir en position debout, les jambes légèrement écartées, le bras à environ 15 degrés le long du corps (avant-bras et poignet en position neutre). Le participant devait par la suite serrer l'appareil le plus fort possible avec la main, en prenant le temps nécessaire afin de le serrer au maximum (environ 4 secondes). Le test a été effectué à deux reprises, et, ce, pour chaque main. Seule la plus haute valeur a été retenue, indépendamment de la main utilisée.

De plus, *la force musculaire des membres inférieurs* a été évaluée par le saut en longueur sans élan, un test validé à cet effet (SCPE, 2013). Pour réaliser cette mesure, le participant se plaçait debout, les pieds à la largeur des épaules et les orteils juste derrière la ligne de départ. Il devait plier les genoux à 90° et s'aider en balançant les bras de l'arrière vers l'avant afin de sauter le plus loin possible en atterrissant en équilibre sur ses deux pieds. La distance en centimètres entre la ligne de départ et le talon du participant le plus près de cette ligne a été consignée. Le participant a d'abord fait un saut d'essai (pratique), puis il a réalisé ses deux sauts. Seul le meilleur résultat a été conservé.

*L'endurance musculaire des muscles abdominaux* a été évaluée à l'aide d'un test validé de redressements assis (American College of Sports Medicine (ACSM), 2014). Couché

au sol, sur le dos, avec les genoux relevés à 90°, les mains sur les cuisses et les bras tendus, le participant devait effectuer un maximum de demi-redressements assis en 60 secondes.

Finalement, *l'endurance musculaire des membres supérieurs* sera été mesurée par un test validé de pompes (ACSM, 2014). Les mains et les orteils au sol avec le corps en position de planche, le participant devait effectuer le plus de pompes possible à un rythme constant sans prendre de pause. Pour chacune des pompes effectuées, le participant devait descendre jusqu'à ce que ses coudes présentent une flexion de 90°. Le corps devait être droit tout au long de l'exécution du mouvement.

#### 3.4.5 Caractéristiques psychologiques

En ce qui concerne les différents aspects psychologiques, nous avons évalué la motivation envers les études, l'estime de soi, la satisfaction de l'image corporelle et le niveau d'anxiété des participants.

*La motivation envers les études secondaires* a été évaluée à l'aide de l'Échelle de motivation envers les études secondaires de 28 items (Vallerand *et al.*, 1989). Ce questionnaire validé (Vallerand *et al.*, 1989) et largement utilisé mesure 3 sous-catégories de la motivation intrinsèque (liée à la connaissance (4 items), à l'accomplissement (4 items) et à la stimulation (4 items)), 3 sous-catégories de la motivation extrinsèque (régulation identifiée (4 items), régulation introjectée (4 items) et régulation externe (4 items)) et l'amotivation (4 items).

*L'estime de soi* a été évaluée avec l'Échelle d'estime de soi (Rosenberg, 1989), un questionnaire validé (Rosenberg, 1989) composé de 10 items.

*La satisfaction de l'image corporelle* a été évaluée à l'aide de l'Échelle de la satisfaction de l'image corporelle (Thompson et Gray, 1995). Afin de compléter de

questionnaire validé (Thompson et Gray, 1995), chacun des participants devait choisir, parmi les 9 silhouettes présentées, la silhouette qui représente le mieux ses dimensions corporelles actuelles ainsi que la(les) silhouette(s) qu'il considérait comme représentant des dimensions corporelles comparables à des problèmes de poids (sous-poids et obésité).

Finalement, le questionnaire validé Child Behavior Check List (Achenbach et Rescorla, 2001) a été utilisé afin d'évaluer *le niveau d'anxiété* des participants.

#### 3.4.6 Caractéristiques sociologiques

Les influences culturelles ont été évaluées par le biais d'un questionnaire sondant *la nationalité, la langue maternelle et les croyances religieuses* des participants.

#### 3.4.7 Les habitudes de vie

Les habitudes de vie associées à la santé telles que *la pratique d'activité physique, les habitudes alimentaires, les habitudes de sommeil et le nombre d'heures passées devant les écrans* ont été rapportés par les participants par l'intermédiaire d'un questionnaire. En ce qui concerne la pratique d'activité physique, le nombre d'heures moyen par semaine consacrées à des activités physiques d'intensités faible, modérée et élevée a été rapporté, de même que la participation à des équipes sportives. Sur le plan des habitudes alimentaires, les participants nous ont informés du nombre de repas pris quotidiennement, de la prise quotidienne ou non du petit-déjeuner de même que du nombre de portions de fruits et légumes habituellement consommé à chaque journée. Nous avons également demandé aux participants de nous préciser leurs habitudes de sommeil telles que l'heure du coucher (semaine et fin de semaine), l'heure du lever (semaine et fin de semaine), le nombre d'heures dormies par nuit (semaine et fin de

semaine) de même que le temps habituellement pris pour s'endormir. Puis, les participants ont indiqué dans le questionnaire le nombre d'heures passées devant la télévision, l'ordinateur, le cellulaire et les jeux vidéo (semaine et fin de semaine), ainsi que le nombre d'heures passées sur les réseaux sociaux (semaine et fin de semaine).

Finalement, les participants nous ont précisé le nombres d'heures par semaine, en moyenne, qu'ils consacraient à *leurs études* en dehors des heures de classe ainsi que *leur situation d'emploi* durant l'année scolaire.

### 3.5 Taille de l'échantillon

Le calcul de la taille de l'échantillon nécessaire a été fait selon la méthode de calcul de Cohen (Cohen, 1988) à partir de la variable principale qui est le rendement scolaire. Considérant une erreur alpha (bilatérale) de 5 % et une puissance de 80 % et compte tenu que l'effet recherché est de 10 %, le calcul effectué pour déterminer la taille de l'échantillon à l'aide des données de l'étude de Shephard (1997) ( $\bar{x} = 23,8 \pm 7,9$ ) dans (Shephard, 1997) est le suivant :

$$d = \text{effet recherché} / S$$

$$d = 2,38 / 7,9$$

$$d \approx 0,3013 \Rightarrow 0,3$$

Selon le tableau de Cohen (Cohen, 1988), pour une puissance de 0,8 et un  $d$  de 0,3, la taille de l'échantillon devait être de 175 participants. Avec, au final, 187 participants qui ont complété l'étude, nous sommes donc assurés d'une puissance statistique suffisante pour effectuer nos analyses.

### 3.6 Analyses statistiques

Tout d'abord, les participants ont été séparés en deux groupes en fonction de leur sexe (Filles : n = 116; Garçons : n = 71). Ensuite, pour répondre à notre premier objectif spécifique, des analyses de corrélation ont été effectuées afin de déterminer si certaines mesures des fonctions cognitives, des facteurs physiques, psychologiques, sociologiques ou des habitudes de vie étaient associés au rendement scolaire à l'an 1. Puis, des analyses de régression linéaire hiérarchique à effets mixtes ont été réalisées afin d'identifier les prédicteurs du rendement scolaire des filles et des garçons de notre échantillon pour l'an 1. Les variables socio-démographiques (voir section 3.4.1) qui étaient significativement corrélées avec la variable dépendante étaient sélectionnées dans le bloc 1 de l'analyse. Ensuite, les différentes mesures des fonctions cognitives qui étaient significativement corrélées avec la variable dépendante étaient sélectionnées dans le bloc 2 de l'analyse. Finalement, les autres variables présentant une association significative avec la variable dépendante étaient ajoutées dans le bloc 3 de l'analyse.

Par la suite, afin de répondre à notre deuxième objectif spécifique, des tests *T* indépendants ont été effectués afin de comparer les résultats des filles et des garçons de l'échantillon et de vérifier s'il y a des différences entre nos deux groupes par rapport à leur rendement scolaire ainsi qu'en ce qui a trait aux fonctions cognitives, aux facteurs physiques, psychologiques, sociologiques et aux habitudes de vie. De plus, des comparaisons entre les coefficients de corrélation des filles et des garçons ont été réalisées à l'aide de la transformation *Z* de Fisher (Cohen et Cohen, 1983) afin de vérifier s'il y a des différences dans la force des liens impliquant ces facteurs et le rendement scolaire.

Finalement, pour répondre à notre troisième objectif spécifique, les changements entre l'an 1 et l'an 3 ( $\Delta s$ ), en pourcentage, ont été calculés pour chacune des variables en

utilisant la formule suivante :  $\frac{\text{Valeur An 3} - \text{Valeur An 1}}{\text{Valeur An 1}} \times 100$ . Par contre, étant donné que certaines variables reliées au temps passé devant les écrans à l'an 1 affichaient la valeur de 0, aucun pourcentage n'a été calculé pour ces variables. Ainsi, les  $\Delta s$  pour ces variables ont été calculés en soustrayant la valeur de l'an 1 à la valeur de l'an 3. Puis, afin d'évaluer la variation des différentes variables pendant les trois années prises en compte dans l'étude, des tests *T* appariés ont été réalisés avec les variables continues et des tests du chi-carré ont été réalisés avec les variables catégorielles. De plus, lorsque le test de chi-carré s'est avéré significatif, un test *Z* entre deux proportions a été complété sur les variables catégorielles impliquées afin de mieux cerner les différences entre l'an 1 et l'an 3 pour ces variables. Par la suite, des analyses de corrélation ont été effectuées afin de déterminer si certaines mesures des fonctions cognitives, des facteurs physiques, psychologiques, sociologiques et des habitudes de vie ou si certains  $\Delta s$  au sein de ces facteurs étaient associées au  $\Delta s$  sur trois ans du rendement scolaire. Enfin, des analyses de régression linéaire hiérarchique à effets mixtes ont également été réalisées afin d'identifier les prédicteurs des  $\Delta s$  du rendement scolaire sur trois ans des filles et des garçons de notre échantillon. Les variables socio-démographiques (voir section 3.4.1) qui étaient significativement corrélées avec la variable dépendante étaient sélectionnées dans le bloc 1 de l'analyse. Ensuite, les différentes mesures des fonctions cognitives qui étaient significativement corrélées avec la variable dépendante étaient sélectionnées dans le bloc 2 de l'analyse. Finalement, les autres variables présentant une association significative avec la variable dépendante étaient ajoutées dans le bloc 3 de l'analyse.

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS 25 pour Windows (Chicago, IL, USA). Le seuil de signification utilisé était de  $p < 0,05$ .

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS

Afin de faciliter la lecture et la publication des résultats, chacun des trois articles présentés dans cette section regroupent les analyses impliquant une seule catégorie de facteurs. Ainsi, l'article 1 traite des liens entre les fonctions cognitives et le rendement scolaire, l'article 2 porte sur les associations entre la facteurs liés à l'activité physique et le rendement scolaire et l'article 3 présente les relations entre les habitudes de vie et le rendement scolaire. Par la suite, les résultats impliquant les facteurs psychologiques et sociologiques en lien avec le rendement scolaire sont détaillés. Finalement, un modèle global incluant tous les facteurs mesurés dans le cadre de cette étude est présenté afin de bien répondre aux trois objectifs spécifiques de l'étude.

#### 4.1 Article 1

Le premier article, intitulé « *Relationship between Interference Control and Working Memory with Academic Performance in High School Students: The Adolescent Student Academic Performance Longitudinal Study (ASAP)* », est accepté pour publication dans le *Journal of Adolescence* (référence : JOA19-147R3; accepté le 15 février 2020). Il porte sur l'association entre les fonctions cognitives et le rendement scolaire pendant une période de trois ans dans notre échantillon.

Les auteurs sont, dans l'ordre : Marie-Maude Dubuc (Département des sciences biologiques de l'UQÀM), Mylène Aubertin-Leheudre (Département des sciences de

l'activité physique de l'UQÀM) et Antony D. Karelis (Département des sciences de l'activité physique de l'UQÀM).

Cet article permet de répondre partiellement à chacun des trois objectifs spécifiques de l'étude en présentant les liens observés entre les fonctions cognitives et le rendement scolaire des filles et des garçons de notre échantillon, de même que l'évolution sur trois ans de ces associations.

#### 4.1.1 Abstract

**Introduction:** The purpose of this study was to explore the relationship between interference control and working memory with academic performance in both female and male high school students using a longitudinal design. **Methods:** One hundred and eighty-seven grade seventh to ninth students (mean age:  $13.1 \pm 1.0$  years old) from a French-Canadian high school located in Montreal, Canada, completed a 3-year prospective study. Interference control (Flanker task), working memory (N-back task) and academic performance (grades in science, mathematics, language and the overall average) were assessed every year during the 3-year study. **Results:** Female students had significantly higher grades than male students for overall average, science and language at year 1 as well as higher grades for overall average and language at year 3 ( $p < 0.05$ ). However, no differences were found between genders for any measures of interference control or working memory at year 1 and 3. Furthermore, we noted that the relations between cognitive control with our academic performance measures differ according to gender. Finally, our results showed that neither interference control nor working memory seem to be the primary predictor for any of our academic performance measures in both female and male students. **Conclusions:** Results of the present study indicate that cognitive control measures were not able to explain the gender differences in academic performance. Our results also show that interference control and working memory were weakly related to academic performance and that

these associations had a poor ability to predict variations in academic performance during a 3-year period.

**Keywords:** Executive functions, Academic achievement, Longitudinal design, Inhibition, Cognition.

#### 4.1.2 Introduction

“Cognitive control refers to the ability to control our thoughts and actions for the purpose of future goals” (Crone & Steinbeis, 2017). Accordingly, Cognitive control has been established as a determining factor of academic performance (Best *et al.*, 2011; Blair & Razza, 2007). More precisely, interference control and working memory are two aspects of cognitive control that have been identified to be strongly related to academic performance despite not including a more comprehensive neuropsychological evaluation (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Swanson et Alloway, 2012). For example, in a sample of 51 British children of 11 and 12 years old, working memory was significantly correlated with academic performance in both English ( $r = 0.62, p < 0.01$ ), and mathematics ( $r = 0.45, p < 0.01$ ), whereas interference control was associated with achievement in English ( $r = 0.31, p < 0.05$ ), mathematics ( $r = 0.36, p < 0.05$ ), and science ( $r = 0.34, p < 0.05$ ) (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). Therefore, gaining a better understanding of the relationship between interference control and working memory with academic performance has widespread implications for both policy makers and educators. Indeed, it could help by guiding them to identify important factors that are involved in academic performance and in turn develop effective interventions programs aiming at improving academic performance.

Furthermore, adolescence is a well-known period of brain maturation (Leon-Carrion *et al.*, 2004; Romine & Reynolds, 2005). Thus, great changes occur during this period,

which involves an increase in brain connectivity, particularly in the prefrontal cortex (Casey, Galvan, *et al.*, 2005; Casey *et al.*, 2000). Brain imaging evidences, using fMRI, also support that the prefrontal cortex connectivity increase during adolescence and that its development impacts greatly the maturation of higher cognitive abilities (Casey, Tottenham, *et al.*, 2005; Crone & Steinbeis, 2017). These changes within the adolescent brain could lead to improvements in cognitive control abilities (Casey *et al.*, 2000; Casey, Tottenham, *et al.*, 2005; Durston *et al.*, 2002; Romine & Reynolds, 2005). More precisely, brain maturation results in faster and more accurate response in inhibition skills (Durston *et al.*, 2002; Tamm *et al.*, 2002) and improvements in working memory (Nagy *et al.*, 2004). Taken together, changes within the brain of an adolescent may lead to better cognitive control and in turn this could influence academic performance. However, most of the existing research on the relation between cognitive control and academic performance was conducted in elementary students using cross-sectional designs. Indeed, cross-sectional analyses do not detect the evolution over time of this association or the magnitude of change thorough the years. In addition, as previously mention, adolescence is a well-known period of brain development and changes in cognitive control. Therefore, there is a need of studying the relation between cognitive control and academic performance in high school students using a longitudinal approach.

Moreover, a recent meta-analysis conclude that academic performance differs according to gender, with female students constantly presenting overall better school grades than their male counterparts (Voyer & Voyer, 2014). These differences between genders appear to be greater in adolescence than in childhood (Lindberg *et al.*, 2010). In addition, studies have reported differences in cognitive control between gender (Naglieri & Rojahn, 2001; Spielberg *et al.*, 2015). For example, Nagliari and Rojahn (2001) conducted a study on 2 111 American girls and boys from 5 to 17 years old. They concluded that girls had better cognitive control than boys and that the gap between genders is more pronounced in adolescence (11-17 years old) than in

childhood (5-7 and 8-10 years old) (Naglieri & Rojahn, 2001). Indeed, there is evidence to suggest that gender differences in brain structure and in neural activation during cognitive control functioning could explain the gender differences in cognitive control (Alarcon *et al.*, 2018; Mueller, 2011; Satterthwaite *et al.*, 2015).

To our knowledge, no study has examined if some aspects of cognitive control may predict academic performance differently between both genders during adolescence. Furthermore, gender differences in academic performance and in cognitive control seem to be greater at the high school level than at the elementary and middle school level (Lindberg *et al.*, 2010; Naglieri & Rojahn, 2001). Thus, investigating these differences in a population of adolescent students in high school becomes more relevant. Finally, the majority of research that examined gender differences in academic performance has been conducted in the United States (Voyer & Voyer, 2014) with, to our knowledge, no studies in Canada. Therefore, the purpose of this study was to explore the relationship between interference control and working memory with academic performance in both female and male high school students using a longitudinal design. Based on literature that used similar measures of cognitive control and academic performance as the present study (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Swanson & Alloway, 2012; Naglieri & Rojahn, 2001; Voyer & Voyer, 2014), we hypothesized that female students would outperform male students both academically and cognitively.

#### 4.1.3 Methods

##### Overview

The results of this study are based on data collected within the Adolescent Student Academic Performance longitudinal project (ASAP), a 3-year prospective study conducted on 205 volunteer adolescents at a single high school in Montreal, Canada.

All participants were in grade 7, 8 or 9 at the beginning of the project. It should be noted that this high school follows a specific educational program called the International Baccalaureate, which corresponds to an elite program in the province of Quebec. Approximately 35 000 high school students in the province of Quebec follow this specific elite educational program each year. All students enrolled into this high school had excellent grades in elementary school and had to achieve an entrance exam prior to their admission. Inclusion criteria were: 1) to be enrolled in grade 7, 8 or 9 in the selected school, 2) to have a normal or corrected-to-normal vision, 3) to be free of attentional disorders or neurological diseases and 4) to be able to complete standard academic performance testing (our primary outcome). All participants and their parents or guardians were fully informed about the nature, goals and protocols of the study and gave their informed consent in writing. All procedures were approved by the school's administration, by its Governing board, by the school board and by the Ethics Committee of the Faculty of Science at the Université du Québec à Montréal.

### Participants

At the beginning of the study, 205 students were enrolled in the project, which represents 34.8 % of eligible students. Participants and their parents or legal guardians completed screening questionnaires on the health situation of the adolescent in order to confirm certain inclusion criteria. Participants also completed the Child Behavior Check List (Achenbach & Rescorla, 2001) to screen for any attentional disorders. At the end, a total of 187 grade seventh to ninth students (mean age:  $13.1 \pm 1.0$  years old) from the selected high school completed the 3-year follow-up (see Figure 4.1). In our sample, 115 participants identified their race as Caucasians (61%), 34 as Asians (18%), 12 as Arabs (7%), 8 as Hispanics (4%), 6 as African-Americans (3%) and 12 as mixed (7%).

### Control variables

In order to control our analysis for potential confounding factors, important information on our participants was collected. First, the age and the ethnicity of our participants were recorded. Also, the pubertal status was obtained once a year using the Petersen puberty scale (Petersen *et al.*, 1988). Finally, the SES was estimated every year using the Hollingshead four factor index of social status (Hollingshead, 1975).

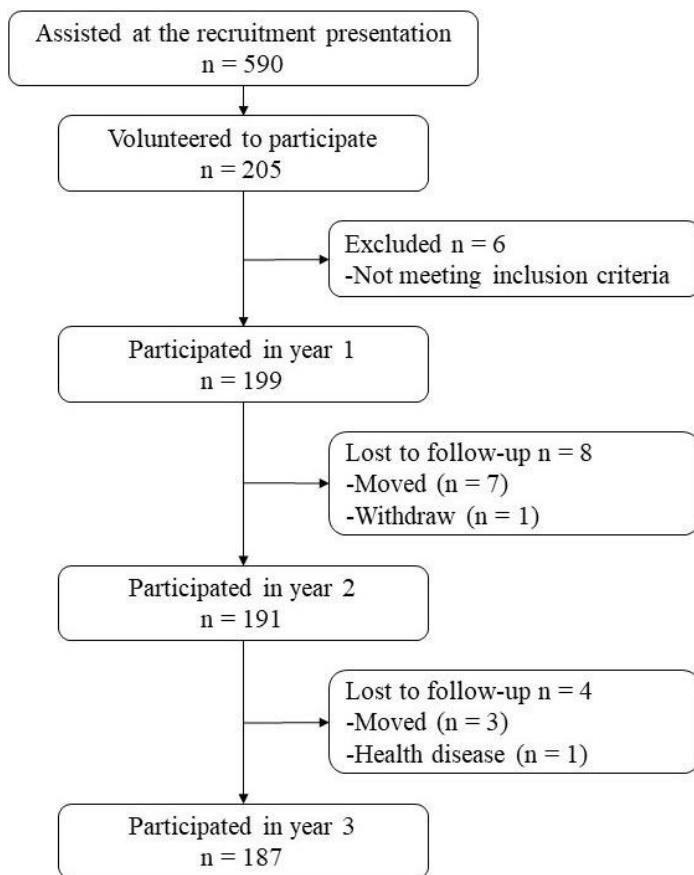


Figure 4.1 Participants flowchart (A)

#### Academic performance

Academic performance was assessed every year using the school's final report card. In the present study, grades in science, mathematics, language (French) as well as the

overall average of each student, in percentage, were reported. The overall average is an overall weighted average calculated by the school using the final grades, in percentage, of all courses taken by a student during the school year.

### Cognitive control

Interference control was assessed once per year using the Flanker task (Eriksen & Eriksen, 1974). This cognitive task was performed using a computer and the Inquisit 4.0.9 software (2015). During this task, participants viewed a serie of 5 arrows in the middle of the screen inside a rectangle. They had to respond to the directionality (right or left) of the central arrow. This target arrow was surrounded by 4 irrelevant arrows (flankers) that either pointed the same (congruent) or the opposite (incongruent) direction. Participants had to respond as quickly and accurately as possible pressing keyboard buttons “Q” (on the left side of the keyboard) when the central arrow pointed left and “P” (on the right side of the keyboard) when the central arrow pointed right. The task was composed of 2 blocks of 75 trials each, preceded by a block of 10 practice trials (5 congruent and 5 incongruent). During the task, equal numbers of congruent, incongruent, left pointing and right pointing trials were presented to the participants in a random order. Arrows measured 2.5 cm, were black and were presented in a white rectangle for 200 ms with a fixed interstimulus interval of 1700 ms. Total congruent and incongruent accuracy, in percentage, as well as the mean reaction time (MRT) for congruent and incongruent correct answers were collected. In addition, accuracy interference was calculated by subtracting incongruent accuracy from congruent accuracy, and MRT interference was calculated by subtracting congruent MRT from incongruent MRT. Thus, greater interference scores indicate poorer performance.

Working memory was assessed once per year using the N-back task (Kirchner, 1958; Mackworth, 1959). This cognitive task was also performed using the Inquisit 4.0.9 software (2015). During this task, 3 cm white letters on a black background were presented once at a time to the students. Participants had to respond as quickly and

accurately as possible while fulfilling appropriate conditions (1-back or 2-back) of the task. In the 1-back condition, participants had to press the keyboard button “A” when the current letter was the same as the one presented before (i.e. 1 position back in the sequence), whereas in the 2-back condition, participants had to press the key when the current letter was the same as the one presented before last (i.e. 2 positions back in the sequence). The task was composed of 3 blocks of 1-back condition and 3 blocks of 2-back condition containing 24 trials each, preceded by 2 blocks (one 1-back and one 2-back) of 10 practice trials each. During the task, block conditions, letters and targets were all presented to the participants in a random order, with a fixed number of 8 targets in each block. Letters were presented during 500 ms with a fixed interstimulus interval of 2500 ms. Accuracy, in percentage, and the MRT for correct answers in both conditions were collected.

Both cognitive control tasks were performed every year on the same day within the school’s settings. The order of the tasks was the same at each evaluation: The Flanker task was completed first and the N-back task thereafter. The completion of both tasks required around 30 minutes per participant.

#### Statistical analysis

The data are expressed as the mean  $\pm$  standard deviation (SD). In the present study, all analyses were performed on 1) the complete sample, 2) only female students ( $n = 116$ ) and 3) only male students ( $n = 71$ ). The change ( $\Delta$ ) of all variables between year 1 and year 3, in percentage, were calculated using the following formula:

$$\frac{\text{Year 3 value} - \text{Year 1 value}}{\text{Year 1 value}} \times 100.$$

A paired *t*-test was used to compare results between year 1 and 3. Also, an independent *t*-test was used for the mean comparisons of each variables between female and male students at baseline and at year 3. Repeated measures analysis of variance (RM-ANOVA) using a Bonferroni correction were performed to examine the interaction between time and gender. Pearson’s partial

correlations were performed to examine the relation between aspects of cognitive control with academic performance in the 3 groups, at baseline and for the  $\Delta$ . Correlations were controlled for gender (complete sample only), age, pubertal status, SES and ethnicity. Thereafter, a comparison between correlation coefficient values of both genders was performed using the Fisher's Z-transformation (Cohen & Cohen, 1983). Finally, separate linear hierarchical regression analyses were used to identify predictors of academic performance measures in the 3 groups, at baseline and for the  $\Delta$ . After controlling for gender, the step 1 analysis included either age, pubertal status or SES if they were significantly correlated with the academic performance measures. Thereafter, measures of cognitive control that were significantly correlated with the academic performance measures were included in step 2. Statistical analysis was performed using SPSS 25 for Windows (Chicago, IL, USA). Significance was defined at  $p < 0.05$ .

#### 4.1.4 Results

Pubertal status of the participants at baseline was: early pubertal ( $n = 5$ , 0 female), mid-pubertal ( $n = 34$ , 23 female), late pubertal ( $n = 24$ , 1 female) and post-pubertal ( $n = 124$ , 92 female). SES of the participants at baseline was: low income ( $n = 0$ , female = 0), low-middle income ( $n = 8$ , female = 6), middle income ( $n = 10$ , female = 6), middle-high income ( $n = 52$ , female = 29) and high income ( $n = 105$ , female = 68).

Academic performance and cognitive control in both genders at year 1 and at year 3 are presented in Table 4.1. In year 1, female students outperformed male students in science, language and overall average ( $p < 0.05$ ), whereas in year 3, female students outperformed male students in language and overall average ( $p < 0.01$ ). No differences between genders were noted for any of the interference control and working memory measures. We also observed that all measures of academic performance significantly declined between year 1 and year 3 in female students ( $p < 0.001$ ). In male students,

results showed a decline in academic performance between year 1 and 3 for overall average, mathematics and language ( $p < 0.001$ ). Moreover, in the complete sample, participants present significantly better results in Flanker congruent and incongruent MRT and in MRT interference, in 2-back accuracy and in 1-back and 2-back MRT in year 3 compare to baseline ( $p < 0.01$ ). In both female and the male students, all the same differences between year 1 and year 3 were observed than for the whole sample, except for the MRT interference. The RM-ANOVA only revealed a group interaction between time and gender in the  $\Delta$  in percentage in science [ $F(1, 185) = 7.60; p < 0.01$ ].

Table 4.1 Academic performance and cognitive control in female and male high school students

	All students (n=187)	Female students (n=116)	Male students (n=71)
<b>Age (years)</b>	13.1 ± 1.0	13.1 ± 1.0	13.3 ± 0.9
<b>Academic performance (%)</b>			
Overall average, <i>year 1</i>	85.5 ± 5.4	86.7 ± 4.8	83.7 ± 5.9 <sup>§</sup>
Overall average, <i>year 3</i>	83.0 ± 6.0*	84.2 ± 4.9*	81.1 ± 7.0* <sup>§</sup>
Science, <i>year 1</i>	83.8 ± 7.9	84.8 ± 7.4	82.1 ± 8.4 <sup>§</sup>
Science, <i>year 3</i>	80.4 ± 7.8*	80.3 ± 7.1*	80.4 ± 8.9
Mathematics, <i>year 1</i>	83.5 ± 7.8	83.8 ± 7.7	83.1 ± 8.1
Mathematics, <i>year 3</i>	78.1 ± 10.4*	78.7 ± 10.5*	77.2 ± 10.3*

Language, <i>year 1</i>	$85.1 \pm 6.6$	$86.2 \pm 6.2$	$83.2 \pm 6.7^{\$}$
Language, <i>year 3</i>	$81.1 \pm 7.4^*$	$82.8 \pm 5.9^*$	$78.3 \pm 8.6^{*\$}$
<b>Cognitive control</b>			
Congruent accuracy (%), <i>year 1</i>	$98.7 \pm 1.9$	$98.7 \pm 2.0$	$98.6 \pm 1.2$
Congruent accuracy (%), <i>year 3</i>	$98.4 \pm 2.7$	$98.3 \pm 3.2$	$98.5 \pm 1.8$
Incongruent accuracy (%), <i>year 1</i>	$96.3 \pm 3.6$	$96.4 \pm 3.7$	$96.2 \pm 3.5$
Incongruent accuracy (%), <i>year 3</i>	$96.6 \pm 3.0$	$96.6 \pm 3.1$	$96.5 \pm 2.9$
Accuracy interference (%), <i>year 1</i>	$2.3 \pm 2.7$	$2.4 \pm 2.8$	$2.3 \pm 2.5$
Accuracy interference (%), <i>year 3</i>	$2.0 \pm 2.7$	$2.0 \pm 2.9$	$2.0 \pm 2.4$
Congruent MRT (ms), <i>year 1</i>	$460.5 \pm 67.0$	$462.8 \pm 69.0$	$456.6 \pm 63.8$
Congruent MRT (ms), <i>year 3</i>	$419.1 \pm 57.2^*$	$422.9 \pm 57.2^*$	$412.5 \pm 56.9^*$
Incongruent MRT (ms), <i>year 1</i>	$485.7 \pm 69.6$	$488.0 \pm 71.4$	$481.8 \pm 66.9$
Incongruent MRT (ms), <i>year 3</i>	$439.4 \pm 57.1^*$	$443.7 \pm 59.0^*$	$432.3 \pm 53.4^*$
MRT interference (ms), <i>year 1</i>	$25.0 \pm 17.8$	$25.2 \pm 17.7$	$24.7 \pm 18.2$
MRT interference (ms), <i>year 3</i>	$20.4 \pm 19.8^*$	$20.8 \pm 20.3^{\dagger}$	$19.7 \pm 18.9$
1-back accuracy (%), <i>year 1</i>	$95.3 \pm 7.6$	$95.6 \pm 7.1$	$95.0 \pm 8.4$
1-back accuracy (%), <i>year 3</i>	$96.1 \pm 7.1$	$95.7 \pm 7.6$	$96.6 \pm 6.3$
2-back accuracy (%), <i>year 1</i>	$81.8 \pm 14.8$	$81.9 \pm 16.0$	$81.8 \pm 12.9$

2-back accuracy (%), <i>year 3</i>	$89.6 \pm 12.2^*$	$88.8 \pm 12.9^*$	$91.0 \pm 10.8^*$
1-back MRT (ms), <i>year 1</i>	$499.7 \pm 95.9$	$502.1 \pm 90.0$	$496.2 \pm 104.6$
1-back MRT (ms), <i>year 3</i>	$469.9 \pm 84.2^*$	$476.7 \pm 87.0^*$	$458.6 \pm 78.8^*$
2-back MRT (ms), <i>year 1</i>	$576.2 \pm 133.8$	$574.1 \pm 123.0$	$579.4 \pm 149.4$
2-back MRT (ms), <i>year 3</i>	$519.0 \pm 113.7^*$	$524.9 \pm 108.2^*$	$509.3 \pm 122.4^*$

---

Values are mean  $\pm$  standard deviation (SD). \*Significantly different from year 1 ( $p \leq 0.003$ ).  $^{\$}$ Significantly different from female students ( $p \leq 0.021$ ).  $^{\dagger}$ Tendency ( $0.05 < p < 0.08$ ). MRT: mean reaction time. A group interaction between time and gender was found in  $\Delta$  science [ $F(1, 185) = 7.60; p < 0.01$ ]. It should be noted that in year 1 and 3, 167 participants (100 females/67 males) and 177 participants (110 females/77 males) completed the cognitive control tasks, respectively.

### Correlations at baseline

Table 4.2 presents Pearson's partial correlations between academic performance and cognitive control in high school students at baseline. Results showed that, in the complete sample, accuracy interference was weakly correlated with language ( $r = -0.18, p = 0.039$ ), incongruent MRT was weakly associated with science ( $r = -0.18, p = 0.047$ ), MRT interference presented a weak correlation with language ( $r = -0.17, p = 0.050$ ) and 2-back accuracy was weakly associated with mathematics ( $r = 0.21, p = 0.024$ ). However, in female students, no significant correlation between academic performance and cognitive control was found. In male students, MRT interference presented a moderate correlation with language ( $r = -0.30, p = 0.037$ ) while 2-back accuracy also presented a moderate correlation with overall average and mathematics ( $r = 0.33, p = 0.021$  and  $r = 0.39, p = 0.007$ , respectively). Furthermore, we observed

that male students had significant stronger correlation coefficient values than female students for the associations between incongruent MRT with language ( $p < 0.05$ ) and 2-back accuracy with overall average and mathematics ( $p < 0.05$ ), while they present a weaker correlation coefficient than female students for the association between 2-back MRT and science ( $p < 0.05$ ).

#### Correlations between changes over time

Pearson's partial correlations between the  $\Delta$  in academic performance with the  $\Delta$  in cognitive control in high school students between year 3 and year 1 are shown in Table 3. For the complete sample, we observed significant weak to moderate correlations for the associations between  $\Delta$  in 1-back MRT with  $\Delta$  in overall average and with  $\Delta$  in mathematics ( $r = -0.19$ ,  $p = 0.046$  and  $r = -0.21$ ,  $p = 0.034$ , respectively) and  $\Delta$  in 2-back MRT with overall average and with  $\Delta$  in mathematics ( $r = -0.27$ ,  $p = 0.005$  and  $r = -0.21$ ,  $p = 0.034$ , respectively). Moreover, in female students,  $\Delta$  in MRT interference was significantly associated with  $\Delta$  in science ( $r = 0.27$ ,  $p = 0.017$ ). Also, in male students, significant moderate correlations were found between  $\Delta$  in 1-back accuracy with  $\Delta$  in mathematics ( $r = 0.35$ ,  $p = 0.025$ ) and between  $\Delta$  in 2-back MRT and  $\Delta$  in mathematics ( $r = -0.31$ ,  $p = 0.049$ ). Furthermore, we observed that male students had significantly different correlation coefficient values than female students for the following associations:  $\Delta$  in incongruent accuracy with  $\Delta$  in overall average and  $\Delta$  in science ( $p < 0.05$ ),  $\Delta$  in accuracy interference with  $\Delta$  in overall average and  $\Delta$  in science ( $p < 0.05$ ),  $\Delta$  in MRT interference with  $\Delta$  in science ( $p < 0.05$ ),  $\Delta$  in 1-back accuracy with  $\Delta$  in mathematics ( $p < 0.01$ ) and  $\Delta$  in 2-back accuracy with  $\Delta$  in mathematics ( $p < 0.05$ ).

### Linear regressions at baseline

Linear hierarchical regression analyses at baseline involving measures of cognitive control indicated that, in the whole sample of high school students, age and incongruent MRT were significant predictors for science (cumulative  $R^2 = 0.23, p < 0.05$ ), 2-back accuracy was a significant predictor for academic performance in mathematics ( $R^2 = 0.05, p < 0.01$ ) and that gender and MRT interference were significant predictors for language (cumulative  $R^2 = 0.08, p < 0.01$ ; see Table 4.4). However, neither interference control nor working memory measures were a significant predictor for any of the academic performance measures in our female student group. Moreover, as presented in Table 4.5, in our male student group, 2-back accuracy was the only significant predictor of academic performance for overall average and mathematics ( $R^2 = 0.11, p < 0.01$  and  $R^2 = 0.10, p < 0.01$ , respectively).

### Linear regressions of the changes over time

Linear hierarchical regression analyses of the  $\Delta$  between year 1 and year 3 involving cognitive control measures are presented in Tables 4.6 and 4.7. Results indicated that  $\Delta$  in 2-back MRT significantly predicts  $\Delta$  in overall average in the whole sample group ( $R^2 = 0.03, p < 0.05$ ), while  $\Delta$  in congruent MRT is the only significant predictor of  $\Delta$  in language ( $R^2 = 0.02, p < 0.05$ ). Moreover, in female students,  $\Delta$  in incongruent accuracy and  $\Delta$  in 2-back MRT were significant predictors of  $\Delta$  in overall average (cumulative  $R^2 = 0.09, p < 0.05$ ). Furthermore, age,  $\Delta$  in incongruent accuracy and  $\Delta$  in MRT interference explained together 38.6% of the  $\Delta$  in science ( $p < 0.01$ ). However, none of the cognitive control measures were a significant predictor for the academic performance measures in male students.

It should be noted that all these analyses were also performed using the data between the changes from year 1 and 2 as well as between the changes of year 2 and 3 and that

similar results were obtained. Therefore, in order to simplify the reading of the article, data for year 2 are not shown.

Table 4.2 Pearson's partial correlations ( $r$ ) between cognitive control and academic performance in high school students at baseline.

	<i>All students</i>	<i>Female students</i>	<i>Male students</i>	OVERALL AVERAGE	SCIENCE	MATHEMATICS	LANGUAGE
CONGRUENT ACCURACY	0.01			-0.03		0.06	0.01
	0.03			-0.02		0.08	0.05
	-0.04			-0.06		0.03	-0.07
INCONGRUENT ACCURACY	0.11			0.03		0.12	0.13
	0.16			0.04		0.13	0.16
	0.04			0.01		0.10	0.05
ACCURACY INTERFERENCE	-0.14			-0.08		-0.11	-0.18*
	-0.17			-0.08		-0.09	-0.18
	-0.10			-0.06		-0.12	-0.16
CONGRUENT MRT	-0.13			-0.16 <sup>†</sup>		-0.11	0.02
	-0.09			-0.18		-0.11	0.13
	-0.21			-0.20		-0.12	-0.16
INCONGRUENT MRT	-0.15			-0.18*		-0.12	-0.01
	-0.12			-0.21 <sup>†</sup>		-0.11	0.10

	-0.23	-0.22	-0.16	-0.20 <sup>§</sup>
MRT INTERFERENCE	-0.12	-0.12	-0.07	-0.17*
	-0.12	-0.14	-0.02	-0.11
	-0.14	-0.14	-0.19	-0.30*
1-BACK ACCURACY	0.14	0.10	0.14	0.01
	0.09	0.09	0.04	-0.06
	0.20	0.15	0.25	0.06
2-BACK ACCURACY	0.15	0.12	0.21*	0.09
	0.01	0.10	0.09	-0.02
	0.33* <sup>§</sup>	0.16	0.39** <sup>§</sup>	0.23
1-BACK MRT	-0.17 <sup>†</sup>	-0.10	-0.18 <sup>†</sup>	-0.11
	-0.22 <sup>†</sup>	-0.22	-0.23 <sup>†</sup>	-0.14
	-0.10	0.03	-0.10	-0.03
2-BACK MRT	-0.09	-0.04	-0.11	-0.01
	-0.15	-0.23 <sup>†</sup>	-0.13	0.01
	-0.01	0.12 <sup>§</sup>	-0.08	0.05

<sup>†</sup>Tendency ( $0.05 < p < 0.08$ ), \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ . <sup>§</sup> Significantly different from female students ( $p < 0.05$ ). MRT: mean reaction time. Control variables are: gender (only for correlations with all students), age, pubertal status, socioeconomic status, and ethnicity.

Table 4.3 Pearson's partial correlations ( $r$ ) between the changes ( $\Delta$ ) of cognitive control and the  $\Delta$  of academic performance from year 1 to year 3 in high school students.

	<i>All students</i>	$\Delta$ OVERALL AVERAGE	$\Delta$ SCIENCE	$\Delta$ MATHEMATICS	$\Delta$ LANGUAGE
	<i>Female students</i>				
	<i>Male students</i>				
$\Delta$ CONGRUENT ACCURACY		-0.08	-0.03	-0.16	0.05
		-0.10	-0.03	-0.21	0.07
		-0.07	-0.08	-0.11	0.07
$\Delta$ INCONGRUENT ACCURACY		-0.10	-0.11	-0.12	0.16
		-0.27*	-0.27*	-0.12	0.04
		0.08 <sup>§</sup>	0.09 <sup>§</sup>	-0.07	0.21
$\Delta$ ACCURACY INTERFERENCE		0.02	0.06	-0.01	-0.12
		0.17	0.21	-0.04	0.03
		-0.21 <sup>§</sup>	-0.14 <sup>§</sup>	-0.02	-0.26
$\Delta$ CONGRUENT MRT		0.04	0.06	-0.03	0.22*
		0.03	0.09	-0.11	0.19
		0.01	0.03	0.04	0.19
$\Delta$ INCONGRUENT MRT		0.10	0.09	-0.01	0.23*
		0.15	0.20	-0.05	0.21

	0.06	0.01	0.07	0.21
Δ MRT INTERFERENCE	0.11	0.07	-0.01	0.03
	0.22 <sup>†</sup>	0.27*	0.10	-0.01
	0.12	-0.10 <sup>§</sup>	-0.10	0.14
Δ 1-BACK ACCURACY	0.13	0.06	0.10	0.10
	-0.02	-0.06	-0.11	0.16
	0.18	0.10	0.35* <sup>§</sup>	0.06
Δ 2-BACK ACCURACY	-0.08	-0.01	0.04	-0.06
	-0.19	-0.08	-0.13	0.03
	-0.04	-0.07	0.18 <sup>§</sup>	-0.12
Δ 1-BACK MRT	-0.19*	0.03	-0.21*	-0.04
	-0.22	0.04	-0.17	-0.20
	-0.13	0.02	-0.23	0.07
Δ 2-BACK MRT	-0.27**	-0.03	-0.21*	-0.04
	-0.23 <sup>†</sup>	0.06	-0.18	0.03
	-0.24	-0.11	-0.31*	0.02

<sup>†</sup>Tendency ( $0.05 < p < 0.08$ ), \* $p<0.05$ , \*\* $p<0.01$ . <sup>§</sup> Significantly different from female students ( $p<0.05$ ). MRT: mean reaction time. Control variables are: gender (only for correlations with all students), age, pubertal status at year 1, Δ pubertal status, SES at year 1, ΔSES and ethnicity.

Table 4.4 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of academic performance in high school students at baseline (whole sample)

<b>Dependent variables</b>	<b>Independent variables</b>	<b><math>\beta</math> [95% CI]</b>	<b>Total R<sup>2</sup></b>	<b>P value</b>
Science	Age	-4.00 [-5.07, -2.94]	0.212	0.000
	Incongruent MRT	-0.02 [-0.03, -0.01]	0.231	0.032
Mathematics	2-back accuracy	0.12 [0.04, 0.20]	0.046	0.005
Language	Gender	-2.73 [-4.60, -0.86]	0.042	0.005
	MRT interference	-0.07 [-0.12, -0.02]	0.080	0.007

CI: Confidence intervals, MRT: Mean reaction time. Independent predictors included in the model varied between dependant variables based on significant correlations.

Table 4.5 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of academic performance in male high school students at baseline

<b>Dependent variables</b>	<b>Independent variables</b>	<b><math>\beta</math> [95% CI]</b>	<b>Total R<sup>2</sup></b>	<b>P value</b>
Overall average	2-back accuracy	0.16 [0.05, 0.26]	0.114	0.005
Mathematics	2-back accuracy	0.20 [0.05, 0.35]	0.100	0.009

CI: Confidence intervals. Independent predictors included in the model varied between dependant variables based on significant correlations.

Table 4.6 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of changes between year 1 and year 3 in academic performance in high school students (whole sample)

<b>Dependent variables</b>	<b>Independent variables</b>	<b><math>\beta</math> [95% CI]</b>	<b>Total R<sup>2</sup></b>	<b>P value</b>
Δ Overall average	Δ 2-back MRT	-0.03 [-0.05, -0.01]	0.031	0.026
Δ Language	Gender	-1.93 [-3.65, -0.20]	0.027	0.029
	Δ Congruent MRT	0.08 [0.01, 0.15]	0.024	0.036

CI: Confidence intervals, MRT: Mean reaction time. Independent predictors included in the model varied between dependant variables based on significant correlations.

Table 4.7 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of changes between year 1 and year 3 in academic performance in female high school students

<b>Dependent variables</b>	<b>Independent variables</b>	<b><math>\beta</math> [95% CI]</b>	<b>Total R<sup>2</sup></b>	<b>P value</b>
Δ Overall average	Δ Incongruent accuracy	-0.22 [-0.40, -0.05]	0.089	0.013
	Δ 2-back MRT	-0.04 [-0.07, -0.01]		
Δ Science	Age	4.39 [3.26, 5.52]	0.331	0.000
	Δ Incongruent accuracy	-0.32 [-0.59, -0.05]	0.386	0.008
	Δ MRT interference	0.05 [0.01, 0.09]		

CI: Confidence intervals, MRT: Mean reaction time. Independent predictors included in the model varied between dependant variables based on significant correlations.

#### 4.1.5 Discussion

Our hypothesis was that female students would have a better academic performance and a greater cognitive control than male students. Our results partly confirmed this hypothesis.

First, we observed that female students had significantly higher grades than male students for overall average, science and language at year 1 as well as higher grades for overall average and language at year 3. This finding is consistent with results of previous studies conducted in children and adolescents who also found that female students mostly outperformed male students in academics (Voyer & Voyer, 2014). For example, in the United States, Duckworth and Seligman (2006) studied differences between genders in academic performance in two cohorts of respectively 137 and 167 grade eight students. The authors compared the academic performance of male and female students in mathematics, social studies and language (English) courses as well as the overall grade point average (GPA) using school records. In both cohorts, female students outperformed male students, with an effect size ( $d$ ) of up to 0.8 in mathematics ( $p < 0.05$ ), 0.7 in language ( $p < 0.001$ ), 0.6 in social studies ( $p < 0.01$ ) and up to 0.7 for the overall GPA ( $p < 0.001$ ). Potential mechanism that could explain these differences may be cognitive control. Indeed, interference control and working memory have been reported to be strongly implicated in academic performance (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Swanson & Alloway, 2012). In addition, aspects of interference control and working memory have been found to differ between genders with girls presenting greater cognitive control than boys (Conners *et al.*, 2003; Naglieri & Rojahn, 2001; Spielberg *et al.*, 2015). For example, in the United States, Conners et al. (2003) assessed interference control in 816 children and adolescents from 9 to 18 years old and observed that females were more accurate than males. However, no differences at baseline, at year 3 or in the  $\Delta$  between year 1 and 3 were found between genders for any measures of interference control or working memory in the present study. These

findings are contrary to results from previous studies who showed differences in cognitive control between genders in children and in adolescents (Naglieri & Rojahn, 2001; Spielberg *et al.*, 2015). However, many studies have also concluded small gender differences in cognitive control (Alarcon *et al.*, 2018; Satterthwaite *et al.*, 2015). Further research may be needed to untangle these discrepancies.

Second, our results showed that, at baseline, interference control and working memory accuracy were positively correlated with academic performance in our complete sample of high school students. These findings are in line with results from previous studies (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Swanson & Alloway, 2012). However, in female students, there was no significant correlation between cognitive control measures and academic performance indices at baseline, whereas, in male students, only working memory accuracy was positively associated with academic performance. Furthermore, in our complete sample, the  $\Delta$  in N-back MRT was weakly associated with the  $\Delta$  in overall average and mathematics. However, these correlations were not observed in female students. In male students, results showed that the  $\Delta$  in N-back performance was moderately associated with the  $\Delta$  in mathematics. Interestingly, we observed different correlation coefficient values between genders for the association between the  $\Delta$  in cognitive control with the  $\Delta$  in academic performance. Indeed, female students presented a significantly greater correlation coefficient values for the  $\Delta$  in the Flanker task and male students also presented a significantly greater correlation coefficient values for the  $\Delta$  in the N-back task. This suggests that the relation between cognitive control and academic performance may differ between genders.

In the present study, we also attempted to develop a model that includes multiple sociodemographic and cognitive control measurements that might help us better understand the predictors of academic performance. Results from the linear hierarchical regression analyses showed that neither interference control nor working

memory seem to be the primary predictor for any of our academic performance measures. In fact, cognitive control only explained up to 11.4% of the variance in academic performance, whereas age explained up to 33.6% of the variance. Interestingly, working memory appears to be a better predictor of academic performance in male students, whereas interference control seems to be a better predictor in female students. Indeed, our results indicate that it may be important to analyse male and female students separately when studying academic performance or cognitive control in order to detect potential disparities that could exist between female and male students. Taken together, our results suggest that the variations in academic performance in female and male high school students appear not to be mainly influenced by interference control or working memory.

In the present study, cognitive control improved from year 1 to 3 whereas academic performance declined during that same time period. Factors that could explain these phenomena are presently poorly understood, however, as mentioned in the Introduction section, brain maturation during adolescence could lead to improvements in cognitive control abilities such as faster and more accurate response in inhibition skills and improvements in working memory (Durston *et al.*, 2002; Nagy *et al.*, 2004; Tamm *et al.*, 2002). Also, learning over time may be another explanation for the improvements in cognitive control since the students performed the same cognitive tasks three times. As for the decline in academic performance, there is evidence to suggest that academic performance from grades 7 to 9 significantly decrease in both male and female students (Wijsman *et al.*, 2016). The authors suggest that this decrease appears to be explained by a decline in motivation. Another possible explanation could be that course material in high school as you progress becomes more complex and challenging (Wijsman *et al.*, 2016). Thus, future longitudinal studies should be aware of these limitations and how it could influence their results.

There were some limitations to the present study. First, our findings are limited to a population of students from a single French-Canadian public high school in Montreal, Canada. Nonetheless, our results are strengthened by studying a homogenous population in a large sample size. Second, due to the differences in academic curriculums and assessments in high schools all around the world, it is difficult to establish comparisons in academic performance with other investigations. However, we used grades in percentage to facilitate comparisons and to allow conversions to letter grades systems. Due to a limited amount of time, another limitation was the number of cognitive control evaluations. Indeed, no comprehensive neuropsychological evaluation including multiple measures of interference control and working memory were conducted. Therefore, results should be interpreted with caution. Moreover, we did not perform task counterbalancing, which could have helped control the order effect of the cognitive tasks. Thereafter, other aspects of cognitive control could have been assessed such as cognitive flexibility and planning, which have been shown to be related to academic performance (Daly-Smith *et al.*, 2018). However, it should be noted that interference control and working memory are two of the most common cognitive control measures in school-based studies (Daly-Smith *et al.*, 2018), allowing comparisons with other results. Furthermore, we used a longitudinal design, which may help us better understand the relations between cognitive control and academic performance.

In conclusion, results of the present study indicate that female high school students outperform male students academically and that cognitive control measures were not able to explain the gender differences in academic performance. Our results also show that interference control and working memory may be related to academic performance. However, we observed that these associations were weak and with a poor ability to predict variations in academic performance during a 3-year period.

#### 4.1.6 Acknowledgements

This study was supported by internal funds from the Université du Québec à Montréal. The funding source was not involved in the study design, collection, interpretation and analysis of the data as well as the writing of the manuscript. We would like to thank Patrick Dupuis and Nadège Larouche for their valuable assistance in data collection as well as the participants who accepted to be part of this study. MMD is supported by the Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture. MAL is supported by the Fonds québécois de la recherche en santé.

#### 4.1.7 References

- Achenbach, T. M., & Rescorla, L. A. (2001). *Manual for the ASEBA school-age forms & profiles*. Burlington, Vermont: University of Vermont, Research Center for Children, Youth, & Families.
- Alarcon, G., Pfeifer, J. H., Fair, D. A. & Nagel, B. J. (2018). Adolescent gender differences in cognitive control performance and functional connectivity between default mode and fronto-parietal networks within a self-referential context. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 73. doi: 10.3389/fnbeh.2018.00073
- Best, J. R., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 327-336.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663.

- Casey, B. J., Galvan, A., & Hare, T. A. (2005). Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 239-244.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological Psychology*, 54(1-3), 241-257.
- Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C. & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends in Cognitive Sciences*, 9(3), 104-110. doi: 10.1016/j.tics.2005.01.011
- Cohen, J., & Cohen, P. (1983). Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Crone, E. A., & Steinbeis, N. (2017). Neural perspectives on cognitive control development during childhood and adolescence. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(3), 205-215.
- Daly-Smith, A., McKenna, J., Manley, A., & Defeyter, G. (2018). A review of school-based studies on the effect of acute physical activity on cognitive function in children and young people. In R. Meeusen, S. Schaefer, R. Bailey, & P. Tomporowski (Eds.), *Physical activity and educational achievement: Insights from exercise neuroscience*. Leeds, UK: Routledge.
- Durston, S., Thomas, K. M., Yang, Y., Uluğ, A. M., Zimmerman, R. D., & Casey, B. J. (2002). A neural basis for the development of inhibitory control. *Developmental Science*, 5(4), F9-F16.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16(1), 143-149.

- Freudenthaler, H. H., Spinath, B., & Neubauer, A. C. (2008). Predicting school achievement in boys and girls. *European Journal of Personality*, 22(3), 231-245.
- Hollingshead, A. B. (1975). *Four factor index of social status*. Unpublished manuscript, Yale University, New Haven, CT.
- Inquisit 4.0.9 [Computer software]. (2015). Seattle, WA: Millisecond Software. Retrieved from <https://www.millisecond.com>
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352-358.
- Leon-Carrion, J., Garcia-Orza, J., & Perez-Santamaria, F. J. (2004). Development of the inhibitory component of the executive functions in children and adolescents. *International Journal of Neuroscience*, 114(10).
- Lindberg, S. M., Hyde, J. S., Petersen, J. L., & Linn, M. C. (2010). New trends in gender and mathematics performance: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136(6), 1123-1135.
- Mackworth, J. F. (1959). Paced memorizing in a continuous task. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), 206-211.
- Mueller, S. (2011). The influence of emotion on cognitive control: Relevance for development and adolescent psychopathology. *Frontiers in Psychology*, 2(327). doi: 10.3389/fpsyg.2011.00327
- Naglieri, J. A., & Rojahn, J. (2001). Gender differences in planning, attention, simultaneous, and successive (PASS) cognitive processes and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 430-437.

- Nagy, Z., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(7), 1227.
- Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M., & Boxer, A. (1988). A self-report measure of pubertal status: Reliability, validity, and initial norms. *Journal of Youth and Adolescence*, 17(2), 117-133.
- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12(4), 190-201.
- Satterthwaite, T. D., Wolf, D. H., Roalf, D. R., Ruparel, K., Erus, G., Vandekar, S., ... Gur, R. C. (2015). Linked sex differences in cognition and functional connectivity in youth. *Cerebral Cortex*, 25(9), 2383-2394. doi: 10.1093/cercor/bhu036
- Spielberg, J. M., Galarce, E. M., Ladouceur, C. D., McMakin, D. L., Olino, T. M., Forbes, E. E., ... Dahl, R. E. (2015). Adolescent development of inhibition as a function of SES and gender: Converging evidence from behavior and fMRI. *Human Brain Mapping*, 36(8), 3194-3203.
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-759.
- Swanson, H. L., & Alloway, T. P. (2012). Working memory, learning, and academic achievement. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra, & J. Sweller (Eds), *APA educational psychology handbook, Vol 1: Theories, constructs, and critical issues* (pp. 327-366). Washington, DC, US: American Psychological Association.

Tamm, L., Menon, V., & Reiss, A. L. (2002). Maturation of brain function associated with response inhibition. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 41(10), 1231-1238.

Voyer, D., & Voyer, S. D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140(4), 1174-1204.

#### 4.2 Article 2

Le second article, intitulé « *Physical Factors, Cognition and Academic Performance Changes in Adolescents* », est actuellement en processus de révision au *Health Behavior and Policy Review* (article soumis (référence: HBPR-2019-46 - (471)) le 9 octobre 2019). Il porte sur l'influence des facteurs liés à l'activité physique sur les fonctions cognitives et le rendement scolaire pendant une période de trois ans dans notre échantillon.

Les auteurs sont, dans l'ordre : Marie-Maude Dubuc (Département des sciences biologiques de l'UQÀM), Mylène Aubertin-Leheudre (Département des sciences de l'activité physique de l'UQÀM), Christian Duval (Département des sciences de l'activité physique de l'UQÀM) et Antony D. Karelis (Département des sciences de l'activité physique de l'UQÀM).

Cet article permet de répondre partiellement à chacun des trois objectifs spécifiques de l'étude en présentant les liens observés entre les facteurs liés à l'activité physique et le rendement scolaire des filles et des garçons de notre échantillon de même que l'évolution sur trois ans de ces associations. De plus, étant donné les faibles associations observées entre les fonctions cognitives et le rendement scolaire des élèves de notre échantillon (voir Article 1) et l'impact des facteurs liés à l'activité physique sur les fonctions cognitives rapporté dans la littérature (voir sections 1.3 et 1.6), nous

avons également analysé les liens possibles entre les facteurs liés à l'activité physique et les fonctions cognitives dans le cadre de cet article. Finalement, il est important de noter que, en raison de blessures physiques ne permettant pas la complétion des tests de conditionnement physique à l'an 1, deux participants ont été exclus des analyses présentées dans cet article.

#### 4.2.1 Abstract

**Background:** This study aimed to determine if physical-related factors could predict changes in cognitive control and academic performance in high school students using a longitudinal design. **Methods:** One hundred and eighty-five grade seventh to ninth students (mean age:  $13.1 \pm 1.0$  years old) completed a 3-year prospective study.

Physical activity habits (quantity, intensity and the type of sport practicing), physical fitness (cardiorespiratory fitness, muscle strength and endurance), body composition (body mass index, skeletal muscle mass, body fat percentage), cognitive control (inhibitory control and working memory) and academic performance (grades in science, mathematics, language and the overall average) were assessed every year.

**Results:** Better physical fitness and body composition seem to be positively associated with cognitive control and academic performance in both female and male high school students. However, these associations were weak and had a poor ability to predict variations in cognitive control or academic performance during the 3-year period.

**Conclusion:** Results of the present study indicate that physical-related factors were not able to form an effective predicting model to explain the changes in cognitive control and academic performance of high school students during a 3-year period.

**Keywords:** Cardiorespiratory fitness, Body composition, Physical activity, Executive functions, Academic achievement, Longitudinal design

#### 4.2.2 Introduction

It is widely accepted that physical activity (PA) benefits go further than health-related outcomes and have now reached different aspects of the brain (Bangsbo *et al.*, 2016; Khan & Hillman, 2014). That is, a large number of evidences have led to the Copenhagen Consensus stating that PA and physical fitness (PF), particularly cardiorespiratory fitness, have positive impacts on brain structure and function, cognition and academic performance (Bangsbo *et al.*, 2016). For example, a 9-month randomized controlled intervention, which consisted of a daily afterschool 2-hour PA program, showed significant improvements in cardiorespiratory fitness (maximal oxygen consumption ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ )), brain function and cognitive performance (e.g. inhibition, flexibility, and attentional) in a sample of 221 American children (7-9 years old) (Hillman *et al.*, 2014).

Furthermore, other factors related to PA (e.g. the intensity of the PA and the type of sport practicing) and to PF (e.g. muscular strength and endurance) have been shown to be associated with cognitive control and academic performance (Adelantado-Renau *et al.*, 2018; Alves *et al.*, 2012; Ardoy *et al.*, 2014; Bass *et al.*, 2013; Fox *et al.*, 2010). For example, Ardoy et al. (2014) conducted a 4-month group-randomized controlled trial in 67 Spanish adolescents aged between 12 to 14 years old. In that study, the authors found that the participants performing higher intensity PA (4 times per week, 55 min sessions) had a greater improvement in cognitive control and in academic performance compared to adolescents performing moderate intensity PA (4 times per week, 55 min sessions) or the control group (2 regular 55 min PA sessions per week) (Ardoy *et al.*, 2014). Another study examined the associations between sports team participation and academic performance in a sample of 4 746 11 to 18 years old American students (Fox *et al.*, 2010). Results in that study suggested that sports team participation in the last year was related with higher self-reported academic

performance in both female and male high school students (Fox *et al.*, 2010). In addition, this association appeared to be independent of moderate to vigorous PA practice and a dose-response relation was observed between the number of sports teams in which the adolescent students were enrolled and their school grades (Fox *et al.*, 2010).

Finally, body composition characteristics (BC) (e.g. body mass index (BMI), body fat percentage (BFP) and waist circumference) have also been reported to be associated with cognitive control and academic performance (Chojnacki *et al.*, 2018; Davis & Cooper, 2011). For example, a cross-sectional study examined the association of body composition with cognitive control and academic performance in 170 overweight American children aged between 7 to 11 years old (Davis & Cooper, 2011). In this study, BMI, BFP and waist circumference were all negatively related with measures of cognitive control (e.g. planning and attention) and academic performance (e.g. mathematics and reading tests) (Davis & Cooper, 2011). However, it should be noted that several studies have found no relation between the aforementioned physical factors with cognitive control and academic performance (Esteban-Cornejo *et al.*, 2014; Hansen *et al.*, 2014; Rauner *et al.*, 2013). Therefore, additional studies are needed to untangle these discrepancies. Gaining a better understanding if physical-related factors could predict cognitive control and academic performance has widespread implications for both policy makers and educators.

In addition, most of the existing research on the association between PA, PF and BC with cognitive control and academic performance was conducted in elementary students (Daly-Smith *et al.*, 2018). As adolescence is a well-known period of brain maturation (Romine & Reynolds, 2005) and a period characterized by a decline of PA practice in Canada and worldwide (Colley *et al.*, 2017; Dumith *et al.*, 2011), it appears relevant to study these relations in a population of adolescent students. Moreover, the majority of studies on this subject used cross-sectional designs (Donnelly *et al.*, 2016)

and few were school-based (Daly-Smith *et al.*, 2018), reinforcing the pertinence of performing longitudinal studies directly in high school settings. To our knowledge, no study has examined if the combination of PA, PF and BC may predict cognitive control and academic performance during adolescence. Therefore, the purpose of this study was to determine if PA, PF or BC could predict changes ( $\Delta s$ ) in cognitive control and academic performance in high school students using a longitudinal approach. Based on the literature (Bangsbo *et al.*, 2016; Daly-Smith *et al.*, 2018; Gil-Espinosa *et al.*, 2018), we hypothesized that a favorable physical profile would predict positive  $\Delta s$  in cognitive control and in academic performance.

#### 4.2.3 Methods

##### Overview

The results of this study are based on data collected within the Adolescent Student Academic Performance longitudinal project (ASAP), a 3-year prospective study conducted on 205 volunteer adolescents at a single high school in Montreal, Canada. All participants were in grade 7, 8 or 9 at the beginning of the project. It should be noted that this high school follows a specific educational program called the International Baccalaureate, which corresponds to an elite program in the province of Quebec. All students enrolled into this high school had excellent grades in elementary school and had to achieve an entrance exam prior to their admission. Inclusion criteria were: 1) to be enrolled in grade 7, 8 or 9 in the selected school, 2) to have a normal or corrected-to-normal vision, 3) to be free of attentional disorders or neurological diseases, 4) to be free of health condition or physical incapacity and 5) to be able to complete standard academic performance testing (our primary outcome). All participants and their parents or guardians were fully informed about the nature, goals and protocols of the study and gave their informed consent in writing. All procedures were approved by the school's administration, by its Governing board, by the school

board and by the Ethics Committee of the Faculty of Science at the Université du Québec à Montréal.

### Participants

At the beginning of the study, 205 students were enrolled in the project, which represents 34.8 % of eligible students. Participants and their parents or legal guardians completed screening questionnaires on the health situation of the adolescent in order to confirm certain inclusion criteria. Participants also completed the Child Behavior Check List (Achenbach & Rescorla, 2001) to screen for any attentional disorders. At the end, a total of 185 grade seventh to ninth students (mean age:  $13.1 \pm 1.0$  years old) from the selected high school completed the 3-year follow-up (see Figure 4.2).

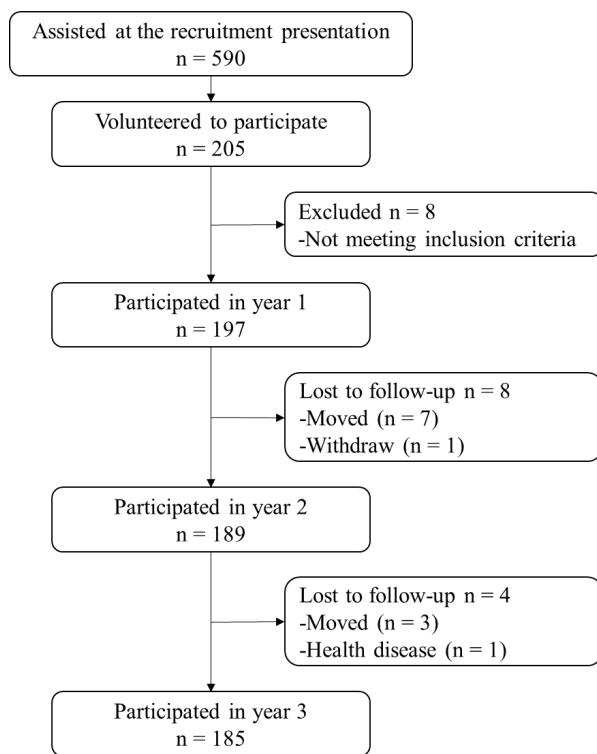


Figure 4.2      Participants flowchart (B)

### Demographic variables

In order to control our analysis for potential confounding factors, important information on our participants was collected. First, the age and the ethnicity of our participants were recorded. Also, the pubertal status was obtained once a year using the Petersen puberty scale (Petersen *et al.*, 1988). Finally, the socioeconomic status was estimated every year using the Hollingshead four factor index of social status (Hollingshead, 1975).

### Academic performance

Academic performance was assessed every year using the school's final report card. In the present study, grades in science, mathematics, language (French) as well as the overall average of each student, in percentage, were reported. The overall average is an overall weighted average calculated by the school using the final grades, in percentage, of all courses taken by a student during the school year.

### Cognitive control

Inhibitory control was assessed once per year using the Flanker task (Eriksen & Eriksen, 1974). This cognitive task was performed using a computer and the Inquisit 4.0.9 software (2015). During this task, participants viewed a series of 5 arrows in the middle of the screen inside a rectangle. They had to respond to the directionality (right or left) of the central arrow. This target arrow was surrounded by 4 irrelevant arrows (flankers) that either pointed the same (congruent) or the opposite (incongruent) direction. Participants had to respond as quickly and accurately as possible pressing keyboard buttons "Q" (on the left side of the keyboard) when the central arrow pointed left and "P" (on the right side of the keyboard) when the central arrow pointed right. The task was composed of 2 blocks of 75 trials each, preceded by a block of 10 practice trials (5 congruent and 5 incongruent). During the task, equal numbers of congruent, incongruent, left pointing and right pointing trials were presented to the participants in

a random order. Arrows measured 2.5 cm, were black and were presented in a white rectangle for 200 ms with a fixed interstimulus interval of 1700 ms. Total congruent and incongruent accuracy, in percentage, as well as the mean reaction time (MRT) for congruent and incongruent correct answers were collected. In addition, accuracy interference was calculated by subtracting incongruent accuracy from congruent accuracy, and MRT interference was calculated by subtracting congruent MRT from incongruent MRT. Thus, greater interference scores indicate poorer performance.

Working memory was assessed once per year using the N-back task (Kirchner, 1958; Mackworth, 1959). This cognitive task was also performed using the Inquisit 4.0.9 software (2015). During this task, 3 cm white letters on a black background were presented once at a time to the students. Participants had to respond as quickly and accurately as possible while fulfilling appropriate conditions (1-back or 2-back) of the task. In the 1-back condition, participants had to press the keyboard button “A” when the current letter was the same as the one presented before (i.e. 1 position back in the sequence), whereas in the 2-back condition, participants had to press the key when the current letter was the same as the one presented before last (i.e. 2 positions back in the sequence). The task was composed of 3 blocks of 1-back condition and 3 blocks of 2-back condition containing 24 trials each, preceded by 2 blocks (one 1-back and one 2-back) of 10 practice trials each. During the task, block conditions, letters and targets were all presented to the participants in a random order, with a fixed number of 8 targets in each block. Letters were presented during 500 ms with a fixed interstimulus interval of 2500 ms. Accuracy, in percentage, and the MRT for correct answers in both conditions were collected.

#### Body composition

*Waist circumference* was measured to the nearest 0.5 cm using a nonelastic plastic tape at the mid point between the costal margin and the iliac crest with the participant standing upright.

*Skeletal muscle mass, BFP and BMI* were measured using the Inbody 230 multifrequency analyser (Biospace, CA, USA). The InBody 230 is a segmental impedance device, which uses a tetrapolar eight point tactile electrode method. Ten impedance measurements are performed by using two different frequencies (20 kHz and 100 kHz) at each segment (right arm, left arm, trunk, right leg and left leg). Participants removed their shoes and socks and wore light clothing. The participants then stood on the device while it measured body weight. Thereafter, the participants' identification number, age, gender and height were entered into the machine. Impedance was measured with the participant standing still and holding hand grips that were slightly abducted. It should be noted that all participants were fasted for 2 hours and urinated before testing.

#### Physical fitness

*Cardiorespiratory fitness* was assessed using the validated multistage 20-meter shuttle run test, which estimates VO<sub>2</sub> max. As previously described, (Leger *et al.*, 1988) participants ran back and forth on a 20 meter course and had to touch the 20 meter line before a sound signal was emitted from a pre-recorded tape. The frequency of the sound signals was increased by 0.5 km/h each minute with an initial speed of 8.5 km/h. When the participant could no longer follow the pace of the signal, the last stage number that was accomplished was used to determine VO<sub>2</sub> max using the speed corresponding to that stage (speed = 8 km/h + 0.5 km/h x stage number). The estimated VO<sub>2</sub> max was calculated using the following validated prediction equation: VO<sub>2</sub> max (ml/kg/min) = 31.025 + 3.238\*S - 3.248\*A + 0.1536\*A\*S, where S = speed (km/h) and A = Age (years) (Leger *et al.*, 1988). Test-retest reliability coefficient of the multistage 20 meter shuttle run test was 0.89 for children aged between 6 and 16 years old (Leger *et al.*, 1988).

*Muscle endurance* was assessed using push-up and curl-up tests (American College of Sports Medicine, 2014). For the push-up test, participants had to put their hands and

toes on the floor with the body in the plank position and had to complete as many push-ups as possible at a steady pace without taking a break. For each of the push-ups achieved, participants had to bend their elbows at 90 degrees. The body had to be straight during the execution of the movement. The push-up test has been shown to be highly reliable ( $r = 0.95$ ) (Augustsson *et al.*, 2009). For the curl-up test, participants had to lie on a mat on the floor, on their back, with their knees bent 90 degrees, hands on thighs and arms outstretched, and had to perform a maximum of curl-ups in a 60-second period. Test-retest reliability coefficient for the 60-second curl-up test was 0.98 (Diener *et al.*, 1995).

Upper and lower body *muscle strength* was assessed using two different methods: the handgrip strength and the standing broad jump test. Maximum voluntary handgrip strength (in kg) was measured with a hand dynamometer with adjustable grip (Hand Dynamometer, Lafayette Instrument, USA). Participants were standing upright with their arm straight and slightly abducted. Participants then applied as much handgrip pressure as possible for at least 4 seconds. Three attempts on each hand were performed with 1 minute of rest between each attempt. The maximum score, regardless of the hand used, was recorded. To perform the standing broad jump test, participants were standing behind a starting line with feet slightly apart. They were instructed to bend the knees, to swing the arms and to jump as far as they could using both feet. After one practice trial, they completed two trials and the longest distance (in cm) achieved from the starting line to the heel of the closest foot was recorded. Both tests have been found to be reliable in adolescents (Espana-Romero *et al.*, 2010; Ortega *et al.*, 2008).

#### Physical activity habits

Number of hours per week of *light, moderate and vigorous intensities activities* were self-reported once per year by the participants using a questionnaire. They also indicated what *kind of sport* they practiced (none, individual sport, team sport or both)

and if they practiced it in an after-school program (after-school program only, outside school club only, both).

### Statistical analysis

The data are expressed as the mean  $\pm$  standard deviation (SD). Because academic performance differs according to gender (Voyer & Voyer, 2014), participants were divided into two groups based on their gender (Female: n = 115; Male: n = 70). The  $\Delta$  of all variables between year one and year three, in percentage, were calculated using the following formula:  $\frac{\text{Year 3 value} - \text{Year 1 value}}{\text{Year1 value}} \times 100$ . A paired *t*-test was used to

compare baseline's results with year three's results. Pearson's partial correlations were performed to examine the relation between aspects of physical-related factors with academic performance and cognitive control in both groups, at baseline and for the  $\Delta$ . Correlations were controlled for age, pubertal status, socioeconomic status and ethnicity. Then, in order to perform chi-square tests to analyse differences in PA habits in relation to the academic performance of the students, female and male students were both subdivided into two groups based on their  $\Delta$ s in academic performance. For each of the 4 measures of academic performance, participants who decreased their grades were grouped together and participants who maintained or improved their grades formed the other group. Finally, preliminary analysis showed that, in our sample, associations between cognitive control and academic performance were weak and had a poor ability to predict variations in academic performance during a 3-year period. Therefore, separate linear hierarchical regression analyses were used to identify predictors of academic performance and cognitive control measures in both groups, at baseline and for the  $\Delta$ . Step 1 analysis included demographic variables that were significantly correlated with measures of academic performance or with measures of cognitive control. Thereafter, measures of PA, PF and BC that were significantly correlated with the academic performance measures were included in step 2. Statistical

analysis was performed using SPSS 25 for Windows (Chicago, IL, USA). Significance was defined at  $p < 0.05$ .

#### 4.2.4 Results

Participants baseline characteristics are shown in Table 4.8. Mean academic performance in science, mathematics, language as well as the overall average at baseline were 83.8%, 83.5%, 85.1% and 85.5%, respectively. Female students had significantly higher grades in science and language as well as higher overall averages than male students. Also, academic performance significantly declined between year 1 and year 3 in both genders (data not shown). In addition, a general improvement in cognitive control measures between year 1 and year 3 was observed in high school students and no differences between genders was found (data not shown).

Table 4.8 Participants Baseline Characteristics

<b>Variables</b>	<b>Female students</b>	<b>Male students</b>
	n = 115	n = 70
Age (years)	13.1 ± 1.0	13.3 ± 1.0
Ethnicity (nb (%))		
Caucasians	70 (60.9)	43 (61.4)
Asians	25 (21.7)	9 (12.9)
Arabs	8 (7.0)	4 (5.7)
Hispanics	6 (5.2)	2 (2.9)
African-Americans	1 (0.9)	5 (7.1)
Mixed	5 (4.3)	7 (10.0)
Pubertal status* (nb (%))		
Early pubertal	0 (0.0)	5 (7.1)
Midpubertal	23 (20.0)	11 (15.7)
Late pubertal	1 (0.9)	23 (32.9)
Post-pubertal	91 (79.1)	31 (44.3)
SES* (nb (%))		
Low income	0 (0.0)	0 (0.0)
Low-middle income	6 (5.5)	2 (3.0)
Middle income	6 (5.5)	4 (6.2)
Middle-high income	29 (26.6)	23 (35.4)
High income	68 (62.4)	36 (55.4)

Values are mean ± standard deviation (SD). SES: Socioeconomic status. \*For the chi<sup>2</sup> tests, early and midpubertal as well as late and post-pubertal were added together and low to middle income as well as middle-high and high income were added together in order to avoid cells with expected count less than 5.

BC, PF and PA habits at year 1 and 3 of both genders of high school students are presented in Table 4.9. Both female and male students showed significant  $\Delta$ s between year 1 and year 3 in all of their BC and PF measures, except for  $\text{VO}_2 \text{ max}$  in male students. These  $\Delta$ s are consistent with the puberty process and the natural maturation that is typically observed, namely a gain in skeletal muscle mass in male students, a gain in BFP in female students, as well as increases in muscle strength and endurance in both genders (Malina *et al.*, 2004). The decline in  $\text{VO}_2 \text{ max}$  levels that was observed in female students is also consistent with the literature (Ortega *et al.*, 2011). Furthermore, no significant  $\Delta$  between year 1 and 3 were found for various PA intensities performed during a week in both genders. In addition, in general, no  $\Delta$ 's between year 1 and 3 were noted for the kind of sports practiced in both genders and if they practiced it in an after-school program.

Table 4.9      Body Composition, Physical Fitness and Physical Activity Habits in High School Students

<b>Variables</b>	<b>Female students</b> n = 115	<b>Male students</b> n = 70
Waist circumference (cm), <i>year 1</i>	69.6 ± 9.4	71.4 ± 10.1
Waist circumference (cm), <i>year 3</i>	73.4 ± 8.0*	76.8 ± 8.7*
Skeletal muscle mass (kg), <i>year 1</i>	21.1 ± 3.1	24.8 ± 5.4
Skeletal muscle mass (kg), <i>year 3</i>	23.0 ± 2.8*	31.0 ± 5.0*
Body fat (%), <i>year 1</i>	23.9 ± 6.1	15.4 ± 7.9
Body fat (%), <i>year 3</i>	25.8 ± 6.4*	12.7 ± 7.1*
BMI (kg/m <sup>2</sup> ), <i>year 1</i>	20.0 ± 2.7	19.3 ± 3.1
BMI (kg/m <sup>2</sup> ), <i>year 3</i>	21.3 ± 2.9*	20.6 ± 3.2*
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min), <i>year 1</i>	45.5 ± 4.1	50.3 ± 4.9
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min), <i>year 3</i>	42.3 ± 5.3*	49.6 ± 5.4
Push-ups (number), <i>year 1</i>	15.2 ± 7.0	28.9 ± 14.1
Push-ups (number), <i>year 3</i>	21.0 ± 8.7*	39.8 ± 12.7*
Curl-ups (number), <i>year 1</i>	42.9 ± 10.7	52.0 ± 13.3
Curl-ups (number), <i>year 3</i>	48.0 ± 12.6*	59.2 ± 12.3*
Handgrip strength (kg), <i>year 1</i>	25.5 ± 5.2	30.3 ± 8.2
Handgrip strength (kg), <i>year 3</i>	29.8 ± 4.7*	40.3 ± 8.6*
Standing broad jump (cm), <i>year 1</i>	156.8 ± 22.9	183.9 ± 31.6
Standing broad jump (cm), <i>year 3</i>	161.3 ± 21.9*	206.3 ± 29.4*
Physical activity (h/week)		
Low intensity, <i>year 1</i>	2.9 ± 3.1	3.3 ± 4.9
Low intensity, <i>year 3</i>	3.0 ± 2.5	2.9 ± 3.0
Moderate intensity, <i>year 1</i>	3.1 ± 3.5	3.6 ± 3.8

Moderate intensity, <i>year 3</i>	$2.6 \pm 2.4$	$3.0 \pm 2.6$
High intensity, <i>year 1</i>	$3.1 \pm 4.2$	$3.3 \pm 3.3$
High intensity, <i>year 3</i>	$2.6 \pm 4.0$	$3.7 \pm 3.5$
Total physical activity, <i>year 1</i>	$9.0 \pm 6.6$	$9.9 \pm 8.2$
Total physical activity, <i>year 3</i>	$8.2 \pm 5.9$	$9.6 \pm 6.8$

Values are mean  $\pm$  standard deviation (SD). \* Significantly different from year 1.

Pearson's partial correlations at baseline indicated that, in female students, push-ups, curl-ups and  $\text{VO}_2 \text{ max}$  were weakly but positively correlated with overall average (range of r's = 0.24 - 0.30;  $p < 0.05$ ) and present a tendency with language (range of r's = 0.21 - 0.22;  $p < 0.08$ ), while push-ups and  $\text{VO}_2 \text{ max}$  were weakly but positively associated with academic performance in mathematics (both  $r = 0.28$ ;  $p = 0.02$ ). Moreover, the following correlations involving cognitive control measures were found in female students: push-ups with Flanker incongruent accuracy ( $r = 0.25$ ,  $p = 0.04$ ), BMI with Flanker both congruent and incongruent MRT ( $r = 0.38$  and  $r = 0.40$ , respectively, both  $p = 0.001$ ) and low intensity PA with N2-back MRT ( $r = -0.25$ ,  $p = 0.04$ ). In male students, push-ups were positively associated with academic performance in language ( $r = 0.30$ ,  $p = 0.04$ ). In addition, handgrip strength, skeletal muscle mass and BFP were all significantly correlated with N1-back MRT ( $r = -0.33$ ,  $r = -0.33$  and  $r = 0.33$ , respectively, all  $p = 0.03$ ).

Furthermore, Pearson's partial correlations for the  $\Delta$  between year 1 and 3 showed that, in female students,  $\Delta$  in handgrip strength was associated with  $\Delta$  in mathematics ( $r = 0.33$ ,  $p = 0.01$ ). Also,  $\Delta$  in curl-ups was correlated with  $\Delta$  in both Flanker congruent and incongruent accuracy ( $r = 0.27$ ,  $p = 0.04$  and  $r = 0.26$ ,  $p = 0.05$ , respectively),  $\Delta$  in the standing broad jump was associated with  $\Delta$  in Flanker congruent accuracy and with  $\Delta$  in the N1-back accuracy ( $r = 0.29$ ,  $p = 0.03$  and  $r = 0.41$ ,  $p = 0.001$ , respectively). Moreover, handgrip strength and skeletal muscle mass at baseline were correlated with

$\Delta$  in both Flanker congruent and incongruent MRT (HS:  $r = -0.43$  and  $r = -0.42$ , respectively,  $p = 0.001$ ; SMM:  $r = -0.33$ ,  $p = 0.01$  and  $r = -0.28$ ,  $p = 0.03$ , respectively), high intensity PA at baseline was associated with  $\Delta$  in N2-back MRT ( $r = -0.39$ ,  $p = 0.002$ ) and total PA at baseline was related with  $\Delta$  in N1-back accuracy ( $r = 0.34$ ,  $p = 0.01$ ). In male students,  $\Delta$  in push-ups was associated with  $\Delta$  in language ( $r = 0.37$ ,  $p = 0.02$ ) and low intensity PA at baseline was related to  $\Delta$  in overall average ( $r = 0.34$ ,  $p = 0.03$ ).

Finally, regression analysis showed that no PA-related factors were able to explain the variance in the  $\Delta$  in science, mathematics and in overall average in both female and male students. In female students, push-ups at baseline explained 4.3% of the variance in the  $\Delta$  in language ( $p = 0.03$ ), while in male students,  $\Delta$  in push-ups explained 6.1% of the variance in the  $\Delta$  in language ( $p = 0.04$ ). In addition, in female students, BMI at baseline explained the variance in the  $\Delta$ s in both Flanker congruent and incongruent MRT ( $R^2 = 0.046$ ,  $p = 0.02$  and  $R^2 = 0.038$ ,  $p = 0.04$ , respectively), the variance in the  $\Delta$  in N1-back accuracy was partly explained by the  $\Delta$  in standing broad jump ( $R^2 = 0.144$ ,  $p < 0.001$ ) and the variance in the  $\Delta$  in N2-back MRT was partly explained by high intensity physical activity at baseline ( $R^2 = 0.054$ ,  $p = 0.02$ ). Finally, in male students, no PA-related factors were able to explain the variance in the  $\Delta$ s of cognitive control measures.

#### 4.2.5 Discussion

It was hypothesized that a favorable physical profile would predict positive  $\Delta$ s in cognitive control and academic performance in both female and male high school students. Based on our results, this hypothesis was rejected. That is, in the present study, we aimed to develop a predictive model of cognitive control and academic performance in high school students that includes multiple sociodemographic and physical measurements. Results from the linear hierarchical regression analyses

showed that neither PA, PF nor BC measures seem to greatly predict any of our academic performance measures. In fact, only muscle strength appeared to explain a small part of the variance in the  $\Delta$  in language in both genders ( $R^2$  up to 6.1%), which is in line with results from a previous longitudinal study (Gil-Espinosa *et al.*, 2018). In that study, the authors examined if  $VO_2$  max, muscle strength and flexibility, measured at the beginning of the school year, could predict  $\Delta$  in school grades at the end of the school year (Gil-Espinosa *et al.*, 2018). Results of this study suggested that  $VO_2$  max at baseline was a predictor of  $\Delta$ s in language, mathematics and grade point average one year later, while muscle strength at baseline was able to predict  $\Delta$  in language and mathematics (Gil-Espinosa *et al.*, 2018). However, in our sample of adolescent students,  $VO_2$  max was not found to be a significant predictor of academic performance, which is in contradiction to other previous longitudinal studies (Chen *et al.*, 2013; Gil-Espinosa *et al.*, 2018; Raine *et al.*, 2017; Suchert *et al.*, 2016). For example, Raine et al. (2017) showed that  $\Delta$ s in  $VO_2$  max over a 3-year follow-up period was positively related to  $\Delta$ s in reading and mathematics tests. However, no cognitive control measures were evaluated in these previous longitudinal studies (Gil-Espinosa *et al.*, 2018; Raine *et al.*, 2017; Suchert *et al.*, 2016). As for the prediction of cognitive control measures in the present study,  $\Delta$  in standing broad jump was the best predictor for any of the cognitive control measures in both genders, explaining 14.4% of the  $\Delta$  in N1-back accuracy in female students. All of the other physical-related factors were unable to account for more than 5.4% of the variance of any of the cognitive control measures. Indeed, results of the present study regarding BMI are in line with previous findings from a 3-year follow-up on 669 adolescents conducted in Taiwan, which observed no significant association between BMI and academic performance measures (Chen *et al.*, 2013). On the other hand, our results showed a weak positive association between muscle endurance with  $\Delta$  in academic performance, whereas Chen et al. (2013) found no relation between these variables. Moreover, the negative association between BMI and attentional inhibition observed in our sample was coherent with previous findings in adolescents (Bugge *et al.*, 2018). Finally, previous longitudinal

studies examining the relation between PA and academic performance found either a small positive association in 5 316 American children (Carlson *et al.*, 2008) or no association in a sample of 1 011 German adolescents (Suchert *et al.*, 2016).

Considering the multitude of evidences underlying the relations between physical-related factors with cognitive control and academic performance, results from the present study were unexpected. A possible explanation of these results may be the study sample. Indeed, when observing PA practice, we noticed that 62.6% of female and 62.3% of male students in our sample were meeting the recommendations of the World Health Organization (WHO) of at least 60 minutes of moderate-to-vigorous PA per day (WHO, 2010), which is largely over the national average in Canada (Agence de la santé publique du Canada, 2016). Moreover, 93.0% of female and 94.3% of male students VO<sub>2</sub> max levels were considered in the healthy fitness zone for their gender and age (Plowman & Meredith, 2013). In addition, according to recent international normative values (Tomkinson *et al.*, 2017), 60.0% of female and 52.9% of male students VO<sub>2</sub> max levels were above the 80<sup>th</sup> percentile for their gender and age. Therefore, our participants PA and PF levels appear to be far better than the average Canadian adolescent. This, in addition to the fact that the sample was composed of higher than average academic performers (overall average:  $85.5 \pm 5.4\%$ ) may explain the poor prediction ability between factors measured in our analyses. This represents a limitation in our study. Nevertheless, there is evidence to suggest that high school students are very competitive in achieving excellent grades (Bound *et al.*, 2009). Therefore, any small advantage that could help improve the academic performance of a high school student may be useful. It should also be noted that academic grades in the last decades have increased significantly in high school students (Buckley *et al.*, 2018). Thus, more and more high schools are finding themselves with higher performant students. Furthermore, our findings are limited to a population of students from a single French-Canadian public high school in Montreal, Canada. Moreover, due to the differences in academic curriculums and assessments in high schools all around

the world, it is difficult to establish comparisons in academic performance with other investigations. However, we used grades in percentage to facilitate comparisons and to allow conversions to letter grades systems. Due to a logistic reality, another limitation was the use of self-reported measures of PA. Despite these limitations, our results are strengthened by using a longitudinal approach and by studying a large sample size.

### Conclusions

In conclusion, results of the present study indicate that physical-related factors were not able to form an effective predicting model to explain the  $\Delta$ s in cognitive control and academic performance of high school students during a 3-year period. Nevertheless, our results showed that  $\text{VO}_2$  max levels, muscle strength and muscle endurance might be related to academic performance. However, we observed that these associations were weak and with a poor ability to predict variations in academic performance during a 3-year period.

### Implications for school health

This 3-year prospective study explores the relationships between physical activity, physical fitness and body composition with academic performance and cognitive control in high school students. Gaining a better understanding on these relationships and their ability to predict academic performance has widespread implications for both policy makers and educators.

### Human Subjects Approval Statement

All procedures were approved by the school's administration, by its Governing board, by the school board and by the Ethics Committee of the Faculty of Science at the Université du Québec à Montréal.

#### 4.2.6 Acknowledgements

This study was supported by internal funds from the Université du Québec à Montréal. The funding source was not involved in the study design, collection, interpretation and analysis of the data as well as the writing of the manuscript. We would like to thank Patrick Dupuis and Nadège Larouche for their valuable assistance in data collection as well as the participants who accepted to be part of this study. MMD is supported by the *Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture*. MAL is supported by the *Fonds québécois de la recherche en santé*.

#### 4.2.7 References

- Achenbach, T. M. & Rescorla, L. A. (2001). *Manual for the ASEBA School-Age Forms & Profiles*. Burlington, Vermont : University of Vermont, Research Center for Children, Youth, & Families.
- Adelantado-Renau, M., Jimenez-Pavon, D., Beltran-Valls, M. R., Ponce-Gonzalez, J. G., Chiva-Bartoll, O. & Moliner-Urdiales, D. (2018). Fitness and academic performance in adolescents. The mediating role of leptin: DADOS study. *European Journal of Pediatrics*, 177(10), 1555-1563. doi: 10.1007/s00431-018-3213-z
- Agence de la santé publique du Canada. (2016). *Comportements de santé des jeunes d'âge scolaire au Canada : Un accent sur les relations*. Retrieved from <http://canadiensensante.gc.ca/publications/science-research-sciences-recherches/health-behaviour-children-canada-2015-comportements-sante-jeunes/alt/health-behaviour-children-canada-2015-comportements-sant%C3%A9-jeunes-fra.pdf>

Alves, C. R., Gualano, B., Takao, P. P., Avakian, P., Fernandes, R. M., Morine, D. & Takito, M. Y. (2012). Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(4), 539-549.

American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia, PA : Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health.

Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R. & Ortega, F. B. (2014). A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), e52-e61. doi: 10.1111/sms.12093

Augustsson, S. R., Bersås, E., Magnusson Thomas, E., Sahlberg, M., Augustsson, J. & Svantesson, U. (2009). Gender differences and reliability of selected physical performance tests in young women and men. *Advances in Physiotherapy*, 11(2), 64-70. doi: 10.1080/14038190801999679

Bangsbo, J., Krstrup, P., Duda, J., Hillman, C., Andersen, L. B., Weiss, M., . . . Elbe, A. M. (2016). The Copenhagen Consensus Conference 2016: children, youth, and physical activity in schools and during leisure time. *British Journal of Sports Medicine*, 50(19), 1177-1178. doi: 10.1136/bjsports-2016-096325

Bass, R. W., Brown, D. D., Laurson, K. R. & Coleman, M. M. (2013). Physical fitness and academic performance in middle school students. *Acta Paediatrica*, 102(8), 832-837. doi: 10.1111/apa.12278

Bound, J., Hershbein, B. & Long, B. T. (2009). Playing the admissions game: Student reactions to increasing college competition. *Journal of Economic Perspectives*, 23(4), 119-146.

Buckley, J., Letukas, L. & Wildavsky, B. (2018). *Measuring success: Testing, grades, and the future of college admissions*. Baltimore, MD: JHU Press.

Bugge, A., Moller, S., Westfall, D. R., Tarp, J., Gejl, A. K., Wedderkopp, N. & Hillman, C. H. (2018). Associations between waist circumference, metabolic risk and executive function in adolescents: A cross-sectional mediation analysis. *PLoS One*, 13(6), e0199281. doi: 10.1371/journal.pone.0199281

Carlson, S. A., Fulton, J. E., Lee, S. M., Maynard, L. M., Brown, D. R., Kohl III, H. W., & Dietz, W. H. (2008). Physical education and academic achievement in elementary school: data from the early childhood longitudinal study. *American Journal of Public Health*, 98(4), 721-727. doi: 10.2105/AJPH.2007.117176

Chen, L.-J., Fox, K. R., Ku, P.-W. & Taun, C.-Y. (2013). Fitness change and subsequent academic performance in adolescents. *Journal of School Health*, 83(9), 631-638. doi: 10.1111/josh.12075

Chojnacki, M. R., Raine, L. B., Drollette, E. S., Scudder, M. R., Kramer, A. F., Hillman, C. H. & Khan, N. A. (2018). The negative influence of adiposity extends to intraindividual variability in cognitive control among preadolescent children. *Obesity (Silver Spring)*, 26(2), 405-411. doi: 10.1002/oby.22053

Colley, R. C., Carson, V., Garriguet, D., Janssen, I., Roberts, K. C. & Tremblay, M. S. (2017). Physical activity of Canadian children and youth, 2007 to 2015. *Health Reports*, 28(10), 8-16.

Daly-Smith, A., McKenna, J., Manley, A. & Defeyter, G. (2018). A review of school-based studies on the effect of acute physical activity on cognitive function in children and young people. In R. Meeusen, S. Schaefer, R. Bailey & P. Tomporowski (Eds), *Physical activity and educational achievement: Insights from exercise neuroscience* (chap. 15). Leeds : Routledge.

- Davis, C. L. & Cooper, S. (2011). Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: Do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Preventive Medicine*, 52, S65-S69. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.020>
- Diener, M. H., Golding, L. A. & Diener, D. (1995). Validity and reliability of a one-minute half sit-up test of abdominal strength and endurance. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 6(2), 105-119. doi: 10.1080/15438629509512042
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., ... Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(6), 1197-1222. doi: 10.1249/mss.0000000000000901
- Dumith, S. C., Gigante, D. P., Domingues, M. R. & Kohl III, H. W. (2011). Physical activity change during adolescence: A systematic review and a pooled analysis. *International Journal of Epidemiology*, 40(3), 685-698. doi: 10.1093/ije/dyq272
- Eriksen, B. A. & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16(1), 143-149.
- Espana-Romero, V., Artero, E. G., Jimenez-Pavon, D., Cuenca-Garcia, M., Ortega, F. B., Castro-Pinero, J., . . . Ruiz, J. R. (2010). Assessing health-related fitness tests in the school setting: Reliability, feasibility and safety; the ALPHA Study. *International Journal of Sports Medicine*, 31(7), 490-497. doi: 10.1055/s-0030-1251990
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-Gonzalez, C. M., Martinez-Gomez, D., del-Campo, J., Gonzalez-Galo, A., Padilla-Moledo, C., . . . Veiga, O. L. (2014). Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth. *The Journal of Pediatrics*, 165(2), 306-312.e302. doi: 10.1016/j.jpeds.2014.04.044

Fox, C. K., Barr-Anderson, D., Neumark-Sztainer, D. & Wall, M. (2010). Physical activity and sports team participation: Associations with academic outcomes in middle school and high school students. *Journal of School Health*, 80(1), 31-37. doi: 10.1111/j.1746-1561.2009.00454.x

Gil-Espinosa, F. J., Cadenas-Sanchez, C. & Chillon, P. (2018). Physical fitness predicts the academic achievement over one-school year follow-up period in adolescents. *Journal of Sports Science*, 1-6. doi: 10.1080/02640414.2018.1505184

Hansen, D. M., Herrmann, S. D., Lambourne, K., Lee, J. & Donnelly, J. E. (2014). Linear/nonlinear relations of activity and fitness with children's academic achievement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(12), 2279-2285. doi: 10.1249/mss.0000000000000362

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., . . . Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled trial on executive control and brain function. *Pediatrics*, 134(4), e1063-1071. doi: 10.1542/peds.2013-3219

Hollingshead, A. B. (1975). *Four factor index of social status*. Unpublished manuscript, Yale University, New Haven, CT.

Inquisit 4.0.9 [Computer software]. (2015). Seattle, WA : Millisecond Software. Retrieved from de <https://www.millisecond.com>

Khan, N. A. & Hillman, C. H. (2014). The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: A review. *Pediatric Exercise Science*, 26(2), 138-146. doi: 10.1123/pes.2013-0125

- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352-358. doi: 10.1037/h0043688
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C. & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Science*, 6(2), 93-101. doi: 10.1080/02640418808729800
- Mackworth, J. F. (1959). Paced memorizing in a continuous task. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), 206-211. doi: 10.1037/h0049090
- Malina, R. M., Bouchard, C. & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., Espana-Romero, V., Jimenez-Pavon, D., Vicente-Rodriguez, G., . . . Castillo, M. J. (2011). Physical fitness levels among European adolescents: The HELENA study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(1), 20-29. doi: 10.1136/bjsm.2009.062679
- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., Bergman, P., Hagstromer, M., . . . Castillo, M. J. (2008). Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *International Journal of Obesity*, 32 Suppl 5, S49-57. doi: 10.1038/ijo.2008.183
- Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M. & Boxer, A. (1988). A self-report measure of pubertal status: Reliability, validity, and initial norms. *Journal of Youth and Adolescence*, 17(2), 117-133. doi: 10.1007/bf01537962
- Plowman, S. & Meredith, M. (2013). *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide*. Dallas, TX : The Cooper Institute.

Raine, L. B., Biggan, J. R., Baym, C. L., Saliba, B. J., Cohen, N. J. & Hillman, C. H. (2017). Adolescent changes in aerobic fitness are related to changes in academic achievement. *Pediatric Exercise Science*, 1-21. doi: 10.1123/pes.2015-0225

Rauner, R. R., Walters, R. W., Avery, M. & Wanzer, T. J. (2013). Evidence that aerobic fitness is more salient than weight status in predicting standardized math and reading outcomes in fourth- through eighth-grade students. *The Journal of Pediatrics*, 163(2), 344-348. doi: 10.1016/j.jpeds.2013.01.006

Romine, C. B. & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12(4), 190-201. doi: 10.1207/s15324826an1204\_2

Suchert, V., Hanewinkel, R. & Isensee, B. (2016). Longitudinal relationships of fitness, physical activity, and weight status with academic achievement in adolescents. *Journal of School Health*, 86(10), 734-741. doi: 10.1111/josh.12424

Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Tremblay, M. S., Dale, M., LeBlanc, A. G., Belanger, K., . . . Leger, L. (2017). International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *British Journal of Sports Medicine*, 51(21), 1545-1554. doi: 10.1136/bjsports-2016-095987

Voyer, D. & Voyer, S. D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140(4), 1174-1204. doi: 10.1037/a0036620

World Health Organization. (2010). *Global recommendations on physical activity for health.* Récupéré de [https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_young\\_people/en/](https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/en/)

#### 4.3 Article 3

Le troisième article, intitulé « *Lifestyle Habits Predict Academic Performance in High School Students: The Adolescent Student Academic Performance Longitudinal Study (ASAP)* », a été publié dans le *International Journal of Environmental Research and Public Health* le 29 décembre 2019 (doi: 10.3390/ijerph17010243). Il porte sur l'influence des habitudes de vie sur les fonctions cognitives et le rendement scolaire pendant une période de trois ans dans notre échantillon.

Les auteurs sont, dans l'ordre : Marie-Maude Dubuc (Département des sciences biologiques de l'UQÀM), Mylène Aubertin-Leheudre (Département des sciences de l'activité physique de l'UQÀM) et Antony D. Karelis (Département des sciences de l'activité physique de l'UQÀM).

Cet article permet de répondre partiellement à l'objectif spécifique 3 en présentant les liens observés entre les habitudes de vie et les variations sur trois ans du rendement scolaire des filles et des garçons de notre échantillon.

##### 4.3.1 Abstract

This study aimed to determine if lifestyle habits could predict changes in cognitive control and academic performance in high school students using a longitudinal approach. One hundred and eighty-seven grade seventh to ninth students (mean age:  $13.1 \pm 1.0$  years old) completed a 3-year prospective study. Lifestyle habits, cognitive control, and academic performance were assessed every year during the 3-year study. Results show that in female students, screen time measures were negatively correlated with academic performance and cognitive control. Furthermore, changes ( $\Delta s$ ) in sleeping habits were associated with  $\Delta s$  in academic performance in both genders, whereas  $\Delta s$  in eating habits and in studying time were correlated with  $\Delta s$  in academic

performance only in male students. Moreover, in female students, screen time, social media use, and eating habits measures seem to predict the variance in the  $\Delta s$  of cognitive control measures ( $r^2$  between 8.2% and 21.0%), whereas, in male students, studying time, eating, and sleeping habits appear to explain the variance in the  $\Delta s$  of academic performance measures ( $r^2$  between 5.9% and 24.8%). In conclusion, results of the present study indicate that lifestyle habits were able to predict  $\Delta s$  in cognitive control and academic performance of high school students during a 3-year period.

**Keywords:** Screen time, Eating habits, Sleep, Physical activity, Social media, Executive functions, Cognition, Academic achievement, Nutrition

#### 4.3.2 Introduction

Adolescence is a developmental period well-known for its physical growth and its brain maturation (Dehart *et al.*, 2004; Romine & Reynolds, 2005), but is also a period often characterized by the prevalence of unhealthy behaviors (Carson *et al.*, 2017). Among these unhealthy behaviors often reported are physical inactivity, screen time overuse, skipping breakfast and insufficient sleep (Carson *et al.*, 2017; Cohen, B. *et al.*, 2003). For example, Carson *et al.* (2017) observed that, in a sample of 4157 Canadians from 6 to 17 years old, only 17.1% of the participants met all physical activity (60 min per day), screen time (a maximum of 2 h per day), and sleep duration (ranging between 8 to 11 h per day according to the age of the youth) recommendations. The benefits of adopting a healthy lifestyle go further than just improving a health condition. Indeed, during adolescence, less screen time as well as good eating and sleeping habits have been shown to be associated with better cognitive control and academic performance (Stea & Torstveit, 2014; Walsh *et al.*, 2018).

## Physical Activity

The practice of physical activity and its impact on students' academic performance is one of the most documented lifestyle habits to date. Indeed, the results of numerous studies support the idea that the practice of physical activity improves academic performance (Ericsson & Karlsson, 2014; Hillman *et al.*, 2009; Ruiz *et al.*, 2010). In fact, a panel of experts recently released the Consensus of Copenhagen, which states that the practice of physical activity has a positive effect on academic performance (Bangsbo *et al.*, 2016).

## Sleeping Habits

In Canada, a recent analysis of lifestyle habits of 4157 children and adolescents aged between 6 and 17 years old reported that only 24.5% of them follow the guidelines for sleep duration per night (from 9 to 11 h for the 5 to 13 years old and from 8 to 10 h for the 14 to 17 years old) (Carson *et al.*, 2017). The lack of sleep that is frequently observed in adolescence seems to be significantly associated with a decline in academic performance (Gibson *et al.*, 2006; Lazaratou *et al.*, 2005; Stroebel *et al.*, 2013). For example, in a sample of 3120 Americans aged between 13 and 19 years old, Wolfson et Carskadon (Wolfson & Carskadon, 1998) observed a better academic performance in students who slept on average 34 min more per night and went to bed on average 55 min earlier on weekdays compared to students who did not follow this sleeping pattern. A possible mechanism that could explain the relationship between lack of sleep and academic performance is sleepiness during classes, which could affect academic performance negatively (Fallone *et al.*, 2001). In addition, lack of sleep may decrease working memory (Sadeh *et al.*, 2003) and cognitive functions (Walsh *et al.*, 2018) and in turn, this could lead to a poorer academic performance.

### Screen Time

Screen time refers to the time spent in front of a television, computer, tablet, and cellphone for anything other than work or schoolwork. In Canada, 51.8% of children and adolescents appear to follow the recommendations of a maximum of 2 h of screen time per day (Carson *et al.*, 2017). The use of screens for a daily duration of more than 2 h may be negatively associated with academic performance (García-Hermoso & Marina, 2017; Sharif & Sargent, 2006; Yan *et al.*, 2017). For example, a study conducted in 395 grade 7 Chileans reported that adolescents who spent more than 2 h per day in front of a screen seems to present a lower academic performance than adolescents who spent 2 h or less per day in front of a screen (García-Hermoso & Marina, 2017). Possible mechanisms explaining these associations are the reduction of sleep duration (Walsh *et al.*, 2018) and cognitive control (Anderson & Subrahmanyam, 2017; Walsh *et al.*, 2018). However, results of recent studies suggest that the influence of screen time on academic performance and on cognitive control vary depending on the type of screen used (Walsh *et al.*, 2018). For example, video games could lead to the improvement of academic engagement (Przybylski & Mishkin, 2016) and of certain cognitive functions such as visual processing skills (Green & Bavelier, 2007), while television viewing seems to be associated with a decrease in cognitive control, more specifically in attentional capacities (Anderson & Subrahmanyam, 2017). Moreover, the time of the week during which screen activities are performed seems to affect the relationship between screen time and academic performance differently (Drummond & Sauer, 2020; Hartanto *et al.*, 2018; Sharif & Sargent, 2006). For example, there is evidence to suggest that playing video games on weekdays has a greater negative effect on academic performance than playing video games on weekend (Drummond & Sauer, 2020; Hartanto *et al.*, 2018). However, to our knowledge, no study has examined separately the influence of the time spent in front of different screen types on academic performance.

### Eating Habits

The most studied eating habit in students is the daily intake of breakfast. In Canada, 87.9% of adolescents (13 to 17 years old) and 96.9% of children (6 to 12 years old) report eating a daily breakfast (Barr *et al.*, 2018). As breakfast is commonly considered as the most important meal of the day (Adolphus *et al.*, 2016), its positive impact on academic performance has been reported numerous times (Edwards *et al.*, 2011; Lien, 2007; So, 2013). For example, in Korea, So (2013) studied the association between the weekly frequency of breakfast intake and academic performance in 75,643 students from 12 to 18 years old. Results indicated that adolescents who eat breakfast every day have 1.7 to 1.9 more chances to achieve an excellent academic performance than the ones who skip breakfast every day (So, 2013). Other eating habits, including eating quality, have also been identified as being associated with academic performance (Correa-Burrows *et al.*, 2016; Haapala *et al.*, 2017). For example, adolescents with unhealthy diets were less likely to perform well in school than the adolescents with healthy diet in a sample of 395 Chileans students (Correa-Burrows *et al.*, 2016). These relationships between eating habits and academic performance appear to be explained by improved brain function (Affinita *et al.*, 2013; Pivik *et al.*, 2012). Indeed, it was observed that breakfast was associated with improved neuronal activity (Pivik *et al.*, 2012) as well as with better cognitive control such as working memory and attentional capacities (Affinita *et al.*, 2013). It has also been reported that a quality diet, evaluated from national recommendations, was associated with better working memory (Gale *et al.*, 2009).

### Cognitive Control

As proposed by Hillman et al. (Hillman *et al.*, 2009), cognitive control “is a term used to describe a subset of goal-directed, self-regulatory operations involved in the selection, scheduling, and coordination of computational processes underlying perception, memory, and action”. It should be noted that cognitive control has been

established as a determining factor of academic performance (Best *et al.*, 2011; Blair & Razza, 2007). More precisely, inhibitory control and working memory are two aspects of cognitive control that have been identified to be strongly related to academic performance (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Swanson & Alloway, 2012). For example, in a sample of 51 British children of 11 and 12 years old, working memory was significantly correlated with academic performance in both English and mathematics, whereas inhibitory control was associated with achievement in English, mathematics, and science (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006). However, few studies have investigated, in the same study, the relationships between lifestyle habits with academic performance and cognitive control (Edefonti *et al.*, 2014; Stiglic & Viner, 2019). This multivariate approach may give us a better understanding into a large variety of important factors involved in academic performance.

It should also be noted that most of the existing research on the association between lifestyle habits with cognitive control and academic performance used cross-sectional designs and few were school-based (Faught, Gleddie, *et al.*, 2017), reinforcing the pertinence of performing longitudinal studies directly in high school settings. To our knowledge, no prospective study has examined if the combination of several lifestyle habits such as screen time, studying time, employment status as well as eating and sleeping habits may predict cognitive control and academic performance during adolescence (Faught, Ekwaru, *et al.*, 2017; Faught, Gleddie, *et al.*, 2017). Therefore, the purpose of this study was to determine if lifestyle habits could predict changes ( $\Delta s$ ) in cognitive control and academic performance in high school students using a longitudinal approach. Based on the literature (Stea & Torstveit, 2014; Walsh *et al.*, 2018), we hypothesized that a favorable lifestyle habit profile would predict positive  $\Delta s$  in cognitive control and in academic performance. It should be noted that adolescence is a crucial period in which academic performance could determine the probability of being accepted in a specific post-secondary school program. Indeed, there is evidence to suggest that high school students have become very competitive in

achieving excellent grades in order to reach their goals (Bound *et al.*, 2009). Accordingly, any advantage that could help improve the academic performance of a high school student may be useful. Therefore, gaining a better understanding if lifestyle habits could predict academic performance in high school students has widespread implications for any high school student, educator and policy maker.

#### 4.3.3 Materials and Methods

##### Overview

The results of this study are based on data collected within the Adolescent Student Academic Performance longitudinal project (ASAP), a 3-year prospective study conducted on 205 volunteer adolescents at a single public high school in Montreal, Canada. All participants were in grade 7, 8, or 9 at the beginning of the project. It should be noted that this high school follows a specific educational program called the International Baccalaureate, which corresponds to an elite program in the province of Quebec. All students enrolled into this high school had excellent grades in elementary school and had to achieve an entrance exam prior to their admission. Inclusion criteria were: (1) To be enrolled in grade 7, 8, or 9 in the selected school, (2) to have a normal or corrected-to-normal vision, (3) to be free of attentional disorders or neurological diseases and (4) to be able to complete standard academic performance testing (our primary outcome). All participants and their parents or guardians were fully informed about the nature, goals and protocols of the study and gave their informed consent in writing. All procedures were approved by the school's administration, by its Governing board, by the school board and by the Ethics Committee of the Faculty of Science at the Université du Québec à Montréal (CÉRPÉ-3-2013-0100A).

## Participants

At the beginning of the study, 205 students were enrolled in the project, which represents 34.8% of the 590 eligible students. Participants and their parents or legal guardians completed screening questionnaires on the health situation of the adolescent in order to confirm certain inclusion criteria. Participants also completed the Child Behavior Check List (Achenbach & Rescorla, 2001) to screen for any attentional disorders. Thus, 199 participants participated in the study at year 1, with a 1-year follow-up rate of 96% ( $n = 191$ ) at year 2 and of 98% ( $n = 187$ ) at year 3 (see Figure 4.3). At the end, a total of 187 grade seventh to ninth students (mean age:  $13.1 \pm 1.0$  years old at study entry) from the selected high school completed the 3-year follow-up, which represent a 3-year follow-up rate of 94%. The ethnicity of our sample was composed of 115 Caucasians (61%), 34 Asians (18%), 12 Arabs (7%), 8 Hispanics (4%), 6 African-Americans (3%), and 12 mixed (7%).

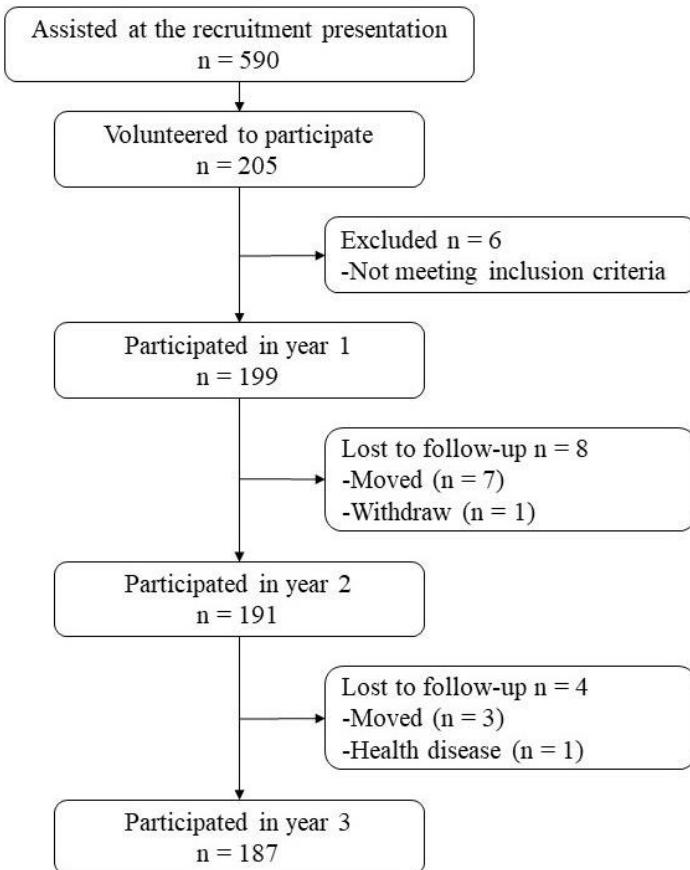


Figure 4.3 Participants flowchart (C)

### Demographic variables

In order to control our analysis for potential confounding factors, important information on our participants was collected.

First, the age and the ethnicity of our participants were recorded. Also, the pubertal status was obtained once a year using the Petersen puberty scale (Petersen *et al.*, 1988). Finally, the socioeconomic status was estimated every year using the Hollingshead four

factor index of social status, which is based on marital status, retired-employed status, educational attainment, and occupational title (Hollingshead, 1975).

Pubertal status of the participants at baseline: Early pubertal ( $n = 5$ ; 0 female), mid-pubertal ( $n = 34$ ; 23 females), late pubertal ( $n = 24$ ; 1 female), and post-pubertal ( $n = 124$ ; 92 females). Socioeconomic status of the participants at baseline: Low income ( $n = 0$ ; 0 female), low-middle income ( $n = 8$ ; 6 females), middle income ( $n = 10$ ; 6 females), middle-high income ( $n = 52$ ; 29 females), and high income ( $n = 105$ ; 68 females).

#### Academic performance

Academic performance was assessed every year using the school's final report card. In the present study, grades in science, mathematics, language (French) as well as the overall average of each student, in percentage, were reported. The overall average is an overall weighted average calculated by the school using the final grades, in percentage, of all courses taken by a student during the school year. That is, the weighted value of each course used for the overall average was as follows: First language (22%), second language (8%), third language (8%), mathematics (17%), science (17%), history (11%), ethics and religious culture (6%), visual arts (6%), and physical education (6%). It should be noted that all students from the same cohort performed the same language, mathematics and science exams at the exact same time during the school year. Therefore, grades are standardized across all of the students in the different classes.

#### Cognitive control

Inhibitory control was assessed once per year using the Flanker task (Eriksen & Eriksen, 1974). This cognitive task was performed using a computer and the Inquisit 4.0.9 software (2015). During this task, participants viewed a series of 5 arrows in the middle of the screen inside a rectangle. They had to respond to the directionality (right or left) of the central arrow. This target arrow was surrounded by 4 irrelevant arrows

(flankers) that either pointed the same (congruent) or the opposite (incongruent) direction (see Figure 4.4). Participants had to respond as quickly and accurately as possible pressing keyboard buttons “Q” (on the left side of the keyboard) when the central arrow pointed left and “p” (on the right side of the keyboard) when the central arrow pointed right. The task was composed of 2 blocks of 75 trials each, preceded by a block of 10 practice trials (5 congruent and 5 incongruent). During the task, equal numbers of congruent, incongruent, left pointing and right pointing trials were presented to the participants in a random order. Arrows measured 2.5 cm, were black and were presented in a white rectangle for 200 ms with a fixed interstimulus interval of 1700 ms. Total congruent and incongruent accuracy, in percentage, as well as the mean reaction time (MRT) for congruent and incongruent correct answers were collected. In addition, accuracy interference was calculated by subtracting incongruent accuracy from congruent accuracy, and MRT interference was calculated by subtracting congruent MRT from incongruent MRT. Thus, greater interference scores indicate poorer performance. It should be noted that no trimming procedure was conducted. This cognitive task denotes good reliability (Cronbach  $\alpha = 0.87$ ).

A. Congruent



or



B. Incongruent



or



Figure 4.4 Flanker task

(A) Presented the two possibilities for a congruent trial. (B) Presented the two possibilities for an incongruent trial.

Working memory was assessed once per year using the N-back task (Kirchner, 1958; Mackworth, 1959). This cognitive task was also performed using the Inquisit 4.0.9 software (2015). During this task, 3 cm white letters on a black background were presented once at a time to the students. Participants had to respond as quickly and accurately as possible while fulfilling appropriate conditions (1-back or 2-back) of the task. In the 1-back condition, participants had to press the keyboard button “A” when the current letter was the same as the one presented before (i.e., 1 position back in the sequence), whereas in the 2-back condition, participants had to press the key when the current letter was the same as the one presented before last (i.e., 2 positions back in the sequence; see Figure 4.5). The task was composed of 3 blocks of 1-back condition and 3 blocks of 2-back condition containing 24 trials each, preceded by 2 blocks (one 1-back and one 2-back) of 10 practice trials each. During the task, block conditions, letters and targets were all presented to the participants in a random order, with a fixed number of 8 targets in each block. Letters were presented during 500 ms with a fixed interstimulus interval of 2500 ms. Premature and late responses as well as false alarms were categorized as errors. Accuracy, in percentage, and the MRT for correct answers in both conditions were collected. Thereafter, the signal-detection parameter ( $d'$ ) was calculated as  $z(\text{hit rate}) - z(\text{false alarm rate})$  using the formula provided by Stanislaw and Todorov (Stanislaw & Todorov, 1999). This cognitive task denotes good reliability in both conditions (Cronbach  $\alpha \geq 0.88$ ).

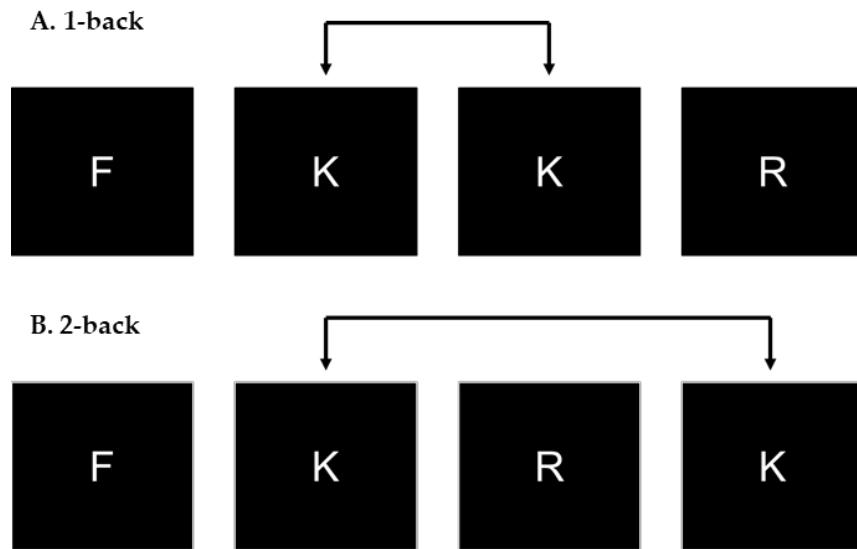


Figure 4.5 N-back task

(A) Presented a 1-back condition trial. (B) Presented a 2-back condition trial.

#### Lifestyle habits

Participants self-reported the following lifestyle habits using a questionnaire: Employment status (working or not), studying time, moderate to vigorous physical activity practice, screen time (television, computer and video games, other computer usage and cellphone), time spent on social medias, eating habits (daily number of meals, daily serving of fruits and vegetables and breakfast consumption) and sleeping habits (sleeping schedule, sleep duration, sleep onset latency). Participants had to report all these habits during both the weekdays (WD) and the weekend (WE), except for employment status, studying time, moderate to vigorous physical activity practice, daily number of meals and of serving of fruits and vegetables as well as sleep onset latency.

### Statistical analysis

The data are expressed as the mean  $\pm$  standard deviation (SD). Because interactions for gender were significant in the relationships between lifestyle habits factors with academic performance and cognitive control and academic performance differs according to gender (Voyer & Voyer, 2014), participants were divided into two groups based on their gender (Female: n = 116; Male: n = 71). Except for the screen time and the time spent on social medias variables, the change ( $\Delta$ ) of all variables between year 1 and year 3, in percentage, was calculated using the following formula: (Year 3 value – Year 1 value)/(Year1 value)  $\times$  100. As some year 1 value were 0 in screen time and time spent on social medias variables, no  $\Delta$  in percentage was calculated for these variables. Instead, the  $\Delta$  between year 1 and year 3 in these variables was calculated by subtracting year 1 value to year 3 value. Thereafter, a paired t-test was used to compare results between year 1 and 3. Also, a two-proportion z-test was performed to assess proportional differences in employment status between year 1 and year 3. In addition, Pearson's partial correlations were performed to examine the relation between aspects of lifestyle habits with academic performance and cognitive control in both groups, at baseline and for the  $\Delta$ . Correlations were controlled for age, pubertal status, socioeconomic status and ethnicity. Thereafter, a comparison between correlation coefficient values of both genders was performed using the Fisher's Z-transformation (Cohen & Cohen, 1983). Finally, preliminary analysis showed that, in our sample, associations between cognitive control and academic performance were weak and had a poor ability to predict variations in academic performance during a 3-year period. Therefore, separate linear hierarchical regression analyses were used to identify predictors of  $\Delta$ s in academic performance and in cognitive control measures in both genders. Step 1 analysis included demographic variables that were significantly correlated with measures of academic performance or with measures of cognitive control. Thereafter, measures of lifestyle habits that were significantly correlated with the academic performance or cognitive control measures were included in step 2. It

should be noted that the linear regression analysis results were similar when all the covariates were included in the model (Supplementary file: Supplementary 1). Statistical analysis was performed using SPSS 24 for Windows (Chicago, IL, USA). All tests were two-tailed, and significance was defined at  $p < 0.05$ .

#### 4.3.4 Results

Mean academic performance in science, mathematics, language as well as the overall average at baseline were 83.8%, 83.5%, 85.1%, and 85.5%, respectively. Female students had significantly higher grades in science and language as well as higher overall averages than male students. Also, academic performance significantly declined between year 1 and year 3 in both genders (data not shown). In addition, a general improvement in cognitive control measures between year 1 and year 3 was observed in high school students and no difference between genders was found (data not shown).

Participants working, studying, physical activity and eating habits at year 1 and 3 are shown in Table 1. No changes between year 1 and 3 were noted for all of these habits (except employment status) in both female and male students.

Table 4.10 Working, studying and eating habits of high school female and male students

<b>Variables</b>	<b>Female students</b>	<b>Male students</b>
	n = 116	n = 71
Students working (n (%)) workers, year 1	18 (16.1)	12 (17.4)
Students working (n (%)) workers, year 3	35 (30.2)*	10 (14.1)
Studying time (h/week), year 1	11.4 ± 8.4 (1–50)	9.5 ± 7.3 (1–36)
Studying time (h/week), year 3	12.6 ± 9.7 (0–48)	10.9 ± 9.9 (0–48)
Physical activity (h/week), year 1	6.2 ± 5.5 (0–30)	6.7 ± 5.4 (0–30)
Physical activity (h/week), year 3		
Number of meals/day, year 1	5.2 ± 5.1† (0–30)	6.7 ± 5.0 (0–22)
Number of meals/day, year 3	3.0 ± 0.6 (1–6)	3.1 ± 0.5 (2–5)
Serving of fruits and vegetables/day, year 1	3.0 ± 0.6 (1–5)	3.3 ± 0.6† (2–5)
Serving of fruits and vegetables/day, year 3	4.1 ± 1.6 (1–10)	4.0 ± 1.8 (1–10)
Breakfast consumers on weekdays (n (%)), year 1	4.1 ± 1.6 (1–8)	4.4 ± 2.3† (0–10)
Breakfast consumers on weekdays (n (%)), year 3	96 (83.5)	63 (88.7)
Breakfast consumers on weekend (n (%)), year 1	91 (79.1)	64 (90.1)
Breakfast consumers on weekend (n (%)), year 3	103 (89.6)	66 (94.3)

Values are mean ± standard deviation (SD). \* Significantly different from year 1. †

Represents a tendency ( $p = 0.053$ ) in its difference from year 1.

Screen time habits at year 1 and 3 on WD and WE are presented in Table 2. Both female and male students significantly decreased their television and video games use on WD and WE between year 1 and year 3. However, we noted increases in computer and cellphone use on WE. Moreover, female students spent more time on social media on

both WD and WE at year 3 compare to year 1, while in male students this increase was only observed on WE.

Table 4.11 Screen time habits on weekdays and weekends of high school female and male students

<b>Variables</b>	<b>Female students</b>		<b>Male students</b>	
	<b>Weekdays</b>	<b>Weekend</b>	<b>Weekdays</b>	<b>Weekend</b>
Screen time (h/day)				
Television, <i>year 1</i>	1.6 ± 1.5 (0–7)	2.8 ± 2.0 (0–10)	1.2 ± 1.1 (0–6)	2.6 ± 2.0 (0–8)
Television, <i>year 3</i>	1.2 ± 1.3* (0–5)	2.4 ± 1.9† (0–8)	0.9 ± 1.0* (0–6)	2.1 ± 1.8* (0–8)
Computer, <i>year 1</i>	1.7 ± 1.5 (0–7)	2.3 ± 2.2 (0–13)	2.2 ± 1.9 (0–10)	2.3 ± 2.2 (0–10)
Computer, <i>year 3</i>	1.6 ± 1.6 (0–6)	2.8 ± 2.9* (0–11)	1.7 ± 1.7 (0–7)	3.1 ± 2.6* (0–14)
Video games, <i>year 1</i>	0.7 ± 1.5 (0–7)	1.2 ± 1.9 (0–8)	1.4 ± 1.8 (0–7)	2.7 ± 2.2 (0–8)
Video games, <i>year 3</i>	0.2 ± 0.6* (0–4)	0.4 ± 1.0* (0–6)	0.7 ± 1.1* (0–6)	1.9 ± 1.8* (0–8)
Cellphone, <i>year 1</i>	1.1 ± 1.6 (0–9)	1.6 ± 2.4 (0–10)	0.9 ± 1.7 (0–10)	1.1 ± 1.9 (0–8)
Cellphone, <i>year 3</i>	1.9 ± 2.6 (0–15)	2.7 ± 3.1* (0–14)	1.4 ± 2.1 (0–10)	2.0 ± 2.8* (0–12)
Social media use, <i>year 1</i>	1.9 ± 1.8 (0–8)	2.9 ± 2.9 (0–15)	1.5 ± 1.6 (0–9)	1.6 ± 1.9 (0–8)
Social media use, <i>year 3</i>	2.5 ± 2.9* (0–15)	3.6 ± 3.2* (0–15)	1.5 ± 1.9 (0–10)	2.2 ± 2.3* (0–12)

Values are mean ± standard deviation (SD). \* Significantly different from year 1. †

Represents a tendency ( $p = 0.066$ ) in its difference from year 1.

Participants sleeping habits at year 1 and 3 on WD and WE are shown in Table 4.12. Later bedtime and shorter sleep durations were observed in both female and male students at year 3 compare to year 1 on WD and WE.

Table 4.12      Sleeping habits on weekdays and weekends of high school female and male students

<b>Variables</b>	<b>Female students</b>		<b>Male students</b>	
	<b>Weekdays</b> n = 116	<b>Weekend</b>	<b>Weekdays</b> n = 71	<b>Weekend</b>
Bedtime <sup>§</sup> , <i>year 1</i>	1.9 ± 0.9 (0–5)	3.0 ± 1.3 (0–8)	1.6 ± 0.9 (0–4)	2.8 ± 1.2 (0–6)
Bedtime <sup>§</sup> , <i>year 3</i>	2.5 ± 1.0* (0–5)	3.4 ± 1.2* (0–7)	2.4 ± 1.0* (0–5)	3.5 ± 1.4* (0–5)
Wake-up time (AM), <i>year 1</i>	6.3 ± 0.5 (5–7)	9.2 ± 1.5 (6–13)	6.2 ± 0.5 (5–7)	8.8 ± 1.4 (6–12)
Wake-up time (AM), <i>year 3</i>	6.3 ± 0.6 (5–7)	9.3 ± 1.5 (5–12)	6.3 ± 0.5* (5–7)	9.0 ± 1.4† (6–12)
Sleep duration (h), <i>year 1</i>	8.4 ± 0.9 (5–10)	10.2 ± 1.5 (5–13)	8.6 ± 0.9 (6–10)	10.0 ± 1.3 (7–14)
Sleep duration (h), <i>year 3</i>	7.8 ± 1.1* (4–10)	10.0 ± 1.2* (5–12)	7.9 ± 1.0* (5–10)	9.5 ± 1.6* (5–13)
Sleep onset latency (min), <i>year 1</i>	24.7 ± 25.8 (0–180)		18.3 ± 18.5 (0–120)	
Sleep onset latency (min), <i>year 3</i>	24.5 ± 27.9 (0–180)		17.6 ± 16.1 (0–90)	

Values are mean ± standard deviation (SD). <sup>§</sup> Bedtime is represented by the number of hours past 8 pm (e.g. 8 pm = 0; 9 pm = 1; 1 am = 5; etc.). \* Significantly different from year 1. † Represents a tendency ( $p = 0.050$ ) in its difference from year 1.

Pearson's partial correlations at baseline between lifestyle habits and academic performance are presented in Table 4.13. We briefly summarize these relationships since several associations are worth noting. Almost all of the screen time variables were negatively associated with academic performance in female students, whereas very few associations were noted in male students. Moreover, we found several significant correlations between sleep habits and academic performance in female students, however, no significant relationships were observed with male students. In addition, lifestyle habits at baseline in female students presented the following interesting correlations with cognitive control measures: Video games use with 2-back accuracy (WD:  $r = -0.40$ ,  $p = 0.001$ ; WE:  $r = -0.44$ ,  $p < 0.001$ ), with 2-back MRT (WD:  $r = 0.29$ ,  $p = 0.02$ ; WE:  $r = 0.26$ ,  $p = 0.03$ ), and with  $d'$  (WD:  $r = -0.25$ ,  $p = 0.03$ ), social media on WE with  $d'$  ( $r = -0.25$ ,  $p = 0.03$ ), bedtime on WE with Flanker incongruent accuracy ( $r = -0.29$ ,  $p = 0.02$ ), sleep duration on WE with Flanker congruent accuracy ( $r = 0.39$ ,  $p = 0.001$ ), and with 1-back accuracy ( $r = 0.26$ ,  $p = 0.03$ ), and sleep onset latency with Flanker incongruent accuracy ( $r = -0.46$ ,  $p < 0.001$ ). In male students, the following interesting correlations between lifestyle habits at baseline with cognitive control measures were found: television use on WE with Flanker MRT interference ( $r = 0.46$ ,  $p = 0.001$ ) and with  $d'$  ( $r = -0.029$ ,  $p = 0.04$ ) as well as sleep onset latency with Flanker MRT interference ( $r = 0.59$ ,  $p < 0.001$ ) and with 2-back accuracy ( $r = -0.32$ ,  $p = 0.03$ ).

Furthermore, Pearson's partial correlations between lifestyle habits and  $\Delta$ s in academic performance showed that, in female students,  $\Delta$  in video games use on WE was associated with  $\Delta$  in language ( $r = -0.25$ ,  $p = 0.04$ ) and that  $\Delta$  in sleep duration on WE was related with  $\Delta$  in overall average ( $r = 0.35$ ,  $p = 0.004$ ) and with  $\Delta$  in language ( $r = 0.38$ ,  $p = 0.002$ ). Also,  $\Delta$  in bedtime on WE and  $\Delta$  in sleep duration on WE were both correlated with  $\Delta$  in Flanker congruent accuracy ( $r = -0.36$ ,  $p = 0.003$ ;  $r = 0.25$ ,  $p = 0.049$ , respectively). In addition, social media use at baseline was associated with  $\Delta$  in Flanker congruent MRT ( $r = 0.28$ ,  $p = 0.24$ ) and with  $\Delta$  in 2-back MRT ( $r = 0.37$ ,  $p =$

0.003), and number of daily meals at baseline was related to  $\Delta$  in both Flanker congruent and incongruent MRT ( $r = -0.31$ ,  $p = 0.01$ ;  $r = -0.29$ ,  $p = 0.02$ , respectively) and to  $\Delta$  in 1-back accuracy ( $r = 0.40$ ,  $p = 0.001$ ). In male students,  $\Delta$  in studying time was related to  $\Delta$  in science ( $r = 0.38$ ,  $p = 0.01$ ), while  $\Delta$  in daily servings of fruits and vegetables was associated with  $\Delta$  in overall average and in science ( $r = 0.43$ ,  $p = 0.004$ ;  $r = 0.34$ ,  $p = 0.03$ , respectively). In addition,  $\Delta$  in cellphone use on WE,  $\Delta$  in bedtime on WD and WE and  $\Delta$  in sleep duration on WD were all significantly correlated with  $\Delta$  in mathematics ( $r = -0.30$ ,  $p = 0.046$ ;  $r = -0.49$ ,  $p = 0.001$ ;  $r = -0.39$ ,  $p = 0.01$ ;  $r = 0.38$ ,  $p = 0.01$ , respectively). Moreover,  $\Delta$  in computer use on WE, daily servings of fruits and vegetables at baseline, bedtime and sleep duration on WD at baseline were all significantly correlated with  $\Delta$  in Flanker MRT interference ( $r = 0.34$ ,  $p = 0.03$ ;  $r = -0.41$ ,  $p = 0.007$ ;  $r = 0.36$ ,  $p = 0.02$ ;  $r = -0.30$ ,  $p = 0.048$ , respectively). Also,  $\Delta$  in social media use on WE was associated with  $\Delta$  in 2-back accuracy ( $r = -0.35$ ,  $p = 0.02$ ) and  $\Delta$  in sleep duration on WD was correlated with  $\Delta$  in Flanker congruent accuracy ( $r = -0.30$ ,  $p = 0.05$ ;  $r = 0.33$ ,  $p = 0.03$ , respectively). Furthermore, bedtime on WD at baseline was associated with  $\Delta$  in Flanker incongruent accuracy ( $r = -0.38$ ,  $p = 0.01$ ;  $r = -0.30$ ,  $p = 0.049$ ;  $r = -0.33$ ,  $p = 0.03$ , respectively).

Finally, linear regression analyses showed that, in female students, no lifestyle habits factors could explain the variance in the  $\Delta$ s in overall average, science and mathematics, whereas  $\Delta$  in wake-up time on WE explained 6.2% of the variance in the  $\Delta$  in language ( $p = 0.03$ ). However, lifestyle habits factors could explain between 8.2% and 21.0% of the variance in the  $\Delta$ s in cognitive control measures (see Table 4.14). In male students, lifestyle habits factors could predict between 5.9% and 24.8% of the variance in the  $\Delta$ s in academic performance measures (see Table 6). Moreover,  $\Delta$  in social media use on WE predicted 8.1% of the variance in  $\Delta$  2-back accuracy ( $p = 0.02$ ). Demographic variables did not explain variations in academic performance and cognitive control in female and male students, except for  $\Delta$ s in science and in

mathematics in male students, where age was an important predictor of variance (see Table 4.15).

Table 4.13 Correlations between lifestyle habits with academic performance measures at baseline in high school female and male students

	Female students				Male students			
	OA	SCI	MAT	LAN	OA	SCI	MAT	LAN
Studying time	0.00	-0.10	-0.02	-0.01	0.29*	0.09	0.18	0.28†
Physical activity	0.00	-0.12	-0.05	0.10	0.08	0.07	0.09	-0.05
Number of meals/day	0.11	0.11	0.15	0.17	-0.21	0.01	-0.25	-0.15
Serving of fruits and vegetables/day	0.06	-0.06	0.08	0.03	0.25	0.13	0.24	0.17
Screen usage								
Television WD	-0.34**	-0.19	-0.36**	-0.37**	-0.01	-0.09	-0.04	0.01
Television WE	-0.33**	-0.16	-0.32**	-0.29*	-0.10	-0.10	-0.15	-0.13
Computer WD	-0.17	-0.01	-0.14	-0.25*	-0.01	-0.10	0.04	0.01
Computer WE	0.07	0.08	0.04	0.06	0.16	0.13	0.20	0.03
Video games WD	-0.17	-0.17	-0.16	-0.23†	-0.04	-0.15	0.02	-0.08
Video games WE	-0.19	-0.05	-0.22†	-0.25*	-0.31*	-0.27†	-0.32*	-0.17

	-0.26*	-0.29*	-0.35**	-0.36**	0.22	0.07	0.20	0.09
Cellphone WD								
Cellphone WE	-0.33**	-0.25*	-0.39**	-0.42**	0.25	0.24	0.14	0.16
Social media WD	-0.02	0.03	-0.03	-0.17	0.00	-0.09	0.03	-0.02
Social media WE	-0.24*	-0.19	-0.21	-0.37**	0.03	0.03	0.00	-0.03
Sleep habits								
Bedtime WD	0.11	0.23 <sup>†</sup>	0.01	0.22	-0.08	-0.05	-0.11	-0.19
Bedtime WE	-0.26*	-0.17	-0.25*	-0.30*	-0.08	0.04	-0.12	-0.04
Wake up time WD	0.11	0.09	0.05	0.10	0.06	0.10	0.12	0.01
Wake up time WE	0.06	0.11	0.00	-0.01	-0.03	-0.12	-0.17	0.03
Sleep duration WD	-0.05	-0.18	0.01	0.04	0.11	0.10	0.17	0.20
Sleep duration WE	0.28*	0.26*	0.20	0.23 <sup>†</sup>	0.04	-0.15	-0.06	0.07
Sleep onset latency	-0.22 <sup>†</sup>	-0.12	-0.26*	-0.22 <sup>†</sup>	-0.22	-0.16	-0.26 <sup>†</sup>	-0.24

<sup>†</sup>Tendency ( $0.05 < p < 0.08$ ), \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ . <sup>§</sup>Significantly different from female students ( $p < 0.05$ ). OA: Overall Average, SCI: Science, MAT: Mathematics, LAN: Language, WD: weekdays, WE: weekend. Control variables are: age, pubertal status, socioeconomic status, and ethnicity.

Table 4.14 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of cognitive control in high school female students

<b>Dependent variables</b>	<b>Independent variables</b>	<b>Total R<sup>2</sup></b>	<b>P value</b>
ΔFlanker congruent MRT	Social media on WD at Y1 Daily meals at Y1	0.147	0.001
ΔFlanker incongruent MRT	Daily meals at Y1 Social media on WD at Y1	0.099	0.012
Δ1-back accuracy	Daily meals at Y1 ΔTotal screen on WD	0.210	0.000
Δ2-back accuracy	ΔVideo games on WE	0.100	0.007
Δ2-back MRT	Social media on WD at Y1 Daily meals at Y1	0.206	0.000

MRT: Mean reaction time, WD: Weekdays, WE: Weekend, Y1: Year 1. Independent predictors included in the model varied between dependant variables based on significant correlations. None of the demographics variables (age, pubertal status and socioeconomic status) included in step 1 analysis remained in the final model.

Table 4.15 Hierarchical regression analysis regarding independent predictors of academic performance in high school male students

<b>Dependent variables</b>	<b>Independent variables</b>	<b>Total R<sup>2</sup></b>	<b>P value</b>
ΔOverall average	ΔDaily servings of F/V	0.248	0.000
ΔScience	Age	0.392	0.000
	ΔStudying time	0.059	0.009
ΔMathematics	Age	0.069	0.027
	ΔBedtime on WD	0.202	0.000
ΔLanguage	ΔBreakfast on WE	0.064	0.059

F/V: Fruits and vegetables, WD: Weekdays, WE: Weekend. Independent predictors included in the model varied between dependant variables based on significant correlations. None of the demographics variables (age, pubertal status and socioeconomic status) included in step 1 analysis remained in the final model for Δ in overall average and Δ in language.

#### 4.3.5 Discussion

It was hypothesized that a favorable lifestyle habits profile would predict positive Δs in cognitive control and academic performance in high school students. Based on our results, this hypothesis was confirmed.

First, we observed significant correlations between lifestyle habits with cognitive control and academic performance in high school students. For example, in female students, screen time measures were negatively correlated with academic performance

(with  $r$  values up to 0.44) and cognitive control (with  $r$  values up to 0.44). These findings are in line with results from previous studies (Kantomaa *et al.*, 2016; Walsh *et al.*, 2018). For example, Kantomaa *et al.* (2016) observed that viewing television less than one hour per day and using computer and video games less than one hour per day were both associated with a higher academic performance in a sample of 8061 adolescents of 15 and 16 years old. In contrast, a study conducted in 371 undergraduate students reported that screen time on both WD and WE was not related with working memory, however, more than 3 hours of screen time per day on WD was negatively associated with academic performance (Felez-Nobrega *et al.*, 2017). Furthermore,  $\Delta s$  in sleeping habits were associated with  $\Delta s$  in academic performance in both genders (with  $r$  values up to 0.49), whereas  $\Delta s$  in eating habits and in studying time were correlated with  $\Delta s$  in academic performance only in male students (with  $r$  values up to 0.43 and  $r = 0.38$ , respectively). Similar general findings were reported in a sample of 4625 adolescents from 14 to 18 years old from the United States (Burns *et al.*, 2018). In that study, the authors examined the relationships between sleep duration and diet with academic achievement and found that eating a daily breakfast and consuming salads weekly were associated with a better academic performance (Burns *et al.*, 2018). However, they observed no association between sleeping at least eight hours per night and academic performance (Burns *et al.*, 2018).

In the present study, we attempted to develop a model that includes multiple sociodemographic and lifestyle habits measurements that might help us better understand the predictors of cognitive control and academic performance. Results from the linear hierarchical regression analyses showed that, in female students, sleeping habits seems to weakly explain the variance in the  $\Delta$  in language ( $R^2 = 0.062$ ), while screen time, social media use and eating habits measures seem to predict the variance in the  $\Delta$  of cognitive control measures ( $R^2$  between 8.2% and 21.0%). In male students, studying time, eating and sleeping habits appear to explain the variance in the  $\Delta$  of academic performance measures ( $R^2$  between 5.9% and 24.8%), whereas screen time

and social media use seem to predict the variance in the  $\Delta$  of cognitive control measures ( $R^2$  between 8.6% and 14.0%). Taken together, results of the present study suggest that the relationships between lifestyle habits with cognitive control and academic performance differs between genders. Thus, our results indicate that it may be important to analyse male and female students separately when studying academic performance or cognitive control in order to detect potential disparities that could exist between female and male students.

Furthermore, the findings in the present study are mostly in line with results from a previous 1-year prospective study (Faught, Ekwaru, *et al.*, 2017). In that study, the authors examined if a combination of lifestyle habits, including screen time as well as eating and sleeping habits, could impact academic performance of 4253 elementary students from 10 and 11 years old (Faught, Ekwaru, *et al.*, 2017). They concluded that adherence to screen time as well as eating and sleeping recommendations increase the likelihood of having a better academic performance in mathematics, reading and writing. Also, they reported that adherence to multiple healthy lifestyle recommendations have an additive effect on the associations with academic performance (Faught, Ekwaru, *et al.*, 2017). In contrast, results of a 2-year longitudinal study conducted in the United Kingdom in 11014 children indicated that screen time at 5 years old did not predict variations in attention capacity 2 years later (Parkes *et al.*, 2013).

There were some limitations to the present study. First, our findings are limited to a population of higher than average academic performers students from a single French-Canadian public high school in Montreal, Canada. Nonetheless, our results are strengthened by studying a homogenous population. Second, despite reducing our sample size, separating our sample into two groups allows us to gain a better understanding of the factors associated with academic performance in both female and male students. In turn, this may lead to the planning of better interventions specifically

targeting female or male students in order to improve their academic performance. Moreover, due to the differences in academic curriculums and assessments in high schools all around the world, it is difficult to establish comparisons in academic performance with other investigations. However, we used grades in percentage to facilitate comparisons and to allow conversions to letter grades systems. In addition, the intelligence quotient was not measured in the present study. Finally, due to a logistic reality, another limitation was the use of self-reported measures of lifestyle habits. Despite these limitations, our results are strengthened by using a longitudinal approach.

### Conclusions

In conclusion, results of the present study indicate that lifestyle habits were able to predict  $\Delta$ s in cognitive control and academic performance of high school students during a 3-year period. Therefore, high school policy makers and school educators could consider adopting and applying politics to promote the importance of following a healthy lifestyle by developing effective intervention programs, which may lead to better academic performances. Specifically, high school educators may consider developing new courses that will help educate students in adopting a healthy lifestyle. In addition, educators could plan a great variety of free intervention programs to students by organizing workshops and afterschool programs that promote the importance of improving eating habits (e.g. increasing the consumption of fruits/vegetables), sleep habits (early bedtime) and lessening screen time.

#### 4.3.6 Acknowledgements

This study was supported by internal funds from the Université du Québec à Montréal. The funding source was not involved in the study design, collection, interpretation and analysis of the data as well as the writing of the manuscript. We would like to thank Patrick Dupuis and Nadège Larouche for their valuable assistance in data collection as

well as the participants who accepted to be part of this study. MMD is supported by the *Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture*. MAL is supported by the *Fonds québécois de la recherche en santé*.

#### 4.3.7 References

- Achenbach, T. M. & Rescorla, L. A. (2001). *Manual for the ASEBA School-Age Forms & Profiles*. Burlington, Vermont : University of Vermont, Research Center for Children, Youth, & Families.
- Adolphus, K., Lawton, C. L., Champ, C. L., & Dye, L. (2016). The effects of breakfast and breakfast composition on cognition in children and adolescents: A systematic review. *Advances in Nutrition*, 7(3), 590S-612S. doi:10.3945/an.115.010256
- Affinita, A., Catalani, L., Cecchetto, G., De Lorenzo, G., Dilillo, D., Donegani, G., ... Zuccotti, G. V. (2013). Breakfast: A multidisciplinary approach. *Italian Journal of Pediatrics*, 39, 44.
- Anderson, D. R., & Subrahmanyam, K. (2017). Digital screen media and cognitive development. *Pediatrics*, 140(Suppl 2), S57-s61.
- Bangsbo, J., Krstrup, P., Duda, J., Hillman, C., Andersen, L. B., Weiss, M., . . . Elbe, A. M. (2016). The Copenhagen Consensus Conference 2016: Children, youth, and physical activity in schools and during leisure time. *British Journal of Sports Medicine*, 50(19), 1177-1178.
- Barr, S. I., Vatanparast, H., & Smith, J. (2018). Breakfast in Canada: Prevalence of consumption, contribution to nutrient and food group intakes, and variability across tertiles of daily diet quality. A Study from the International Breakfast Research Initiative. *Nutrients*, 10(8), 985.

- Best, J. R., Miller, P. H. & Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and Individual Differences*, 21(4), 327-336.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-663.
- Bound, J., Hershbein, B. & Long, B. T. (2009). Playing the admissions game: Student reactions to increasing college competition. *Journal of Economic Perspectives*, 23(4), 119-146.
- Burns, R. D., Fu, Y., Brusseau, T. A., Clements-Nolle, K. & Yang, W. (2018). Relationships among physical activity, sleep duration, diet, and academic achievement in a sample of adolescents. *Preventive Medicine Reports*, 12, 71-74.
- Carson, V., Chaput, J.-P., Janssen, I. & Tremblay, M. S. (2017). Health associations with meeting new 24-hour movement guidelines for Canadian children and youth. *Preventive Medicine*, 95, 7-13.
- Cohen, B., Evers, S., Manske, S., Bercovitz, K. & Edward, H. G. (2003). Smoking, physical activity and breakfast consumption among secondary school students in a southwestern Ontario community. *Canadian Journal of Public Health*, 94(1), 41-44.
- Cohen, J., & Cohen, P. (1983). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Correa-Burrows, P., Burrows, R., Blanco, E., Reyes, M., & Gahagan, S. (2016). Nutritional quality of diet and academic performance in Chilean students. *Bulletin of the World Health Organization*, 94(3), 185-192.

Dehart, G. B., Sroufe, L. A. & Cooper, R. G. (2004). *Child development: Its nature and course*. New York, NY : McGraw-Hill.

Drummond, A., & Sauer, J. D. (2020). Timesplitters: Playing video games before (but not after) school on weekdays is associated with poorer adolescent academic performance. A test of competing theoretical accounts. *Computers & Education*, 144, 103704.

Edefonti, V., Rosato, V., Parpinel, M., Nebbia, G., Fiorica, L., Fossali, E., ... Agostoni, C. (2014). The effect of breakfast composition and energy contribution on cognitive and academic performance: A systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(2), 626-656. doi: 10.3945/ajcn.114.083683

Edwards, J. U., Mauch, L., & Winkelmann, M. R. (2011). Relationship of nutrition and physical activity behaviors and fitness measures to academic performance for sixth graders in a midwest city school district. *Journal of School Health*, 81(2), 65-73.

Ericsson, I., & Karlsson, M. K. (2014). Motor skills and school performance in children with daily physical education in school--a 9-year intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(2), 273-278.

Eriksen, B. A. et Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and Psychophysics*, 16(1), 143-149.

Fallone, G., Acebo, C., Arnedt, J. T., Seifer, R., & Carskadon, M. A. (2001). Effects of acute sleep restriction on behavior, sustained attention, and response inhibition in children. *Perceptual and Motor Skills*, 93(1), 213-229.

Faught, E. L., Ekwaru, J. P., Gleddie, D., Storey, K. E., Asbridge, M. & Veugelers, P. J. (2017). The combined impact of diet, physical activity, sleep and screen time on academic achievement: a prospective study of elementary school students in Nova

Scotia, Canada. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14(1), 29.

Faught, E. L., Gleddie, D., Storey, K. E., Davison, C. M. & Veugelers, P. J. (2017). Healthy lifestyle behaviours are positively and independently associated with academic achievement: An analysis of self-reported data from a nationally representative sample of Canadian early adolescents. *PloS One*, 12(7), e0181938-e0181938.

Felez-Nobrega, M., Hillman, C. H., Cirera, E. & Puig-Ribera, A. (2017). The association of context-specific sitting time and physical activity intensity to working memory capacity and academic achievement in young adults. *European Journal of Public Health*, 27(4), 741-746.

Gale, C. R., Martyn, C. N., Marriott, L. D., Limond, J., Crozier, S., Inskip, H. M., . . . Robinson, S. M. (2009). Dietary patterns in infancy and cognitive and neuropsychological function in childhood. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 50(7), 816-823.

García-Hermoso, A., & Marina, R. (2017). Relationship of weight status, physical activity and screen time with academic achievement in adolescents. *Obesity Research & Clinical Practice*, 11(1), 44-50.

Gibson, E. S., Powles, A. C., Thabane, L., O'Brien, S., Molnar, D. S., Trajanovic, N., . . . Chilcott-Tanser, L. (2006). "Sleepiness" is serious in adolescence: Two surveys of 3235 Canadian students. *BMC Public Health*, 6, 116.

Green, C. S., & Bavelier, D. (2007). Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychological Science*, 18(1), 88-94.

Haapala, E. A., Eloranta, A. M., Venalainen, T., Jalkanen, H., Poikkeus, A. M., Ahonen, T., . . . Lakka, T. A. (2017). Diet quality and academic achievement: a

prospective study among primary school children. *European Journal of Nutrition*, 56(7), 2299-2308.

Hartanto, A., Toh, W. X., & Yang, H. (2018). Context counts: The different implications of weekday and weekend video gaming for academic performance in mathematics, reading, and science. *Computers & Education*, 120, 51-63.

Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054.

Hollingshead, A. B. (1975). *Four factor index of social status*. Unpublished manuscript, Yale University, New Haven, CT.

Inquisit 4.0.9 [Computer software]. (2015). Seattle, WA : Millisecond Software. Retrieved from <https://www.millisecond.com>

Kantomaa, M. T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kajantie, E., Taanila, A. & Tammelin, T. (2016). Associations of physical activity and sedentary behavior with adolescent academic achievement. *Journal of Research on Adolescence*, 26(3), 432-442.

Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352-358.

Lazaratou, H., Dikeos, D. G., Anagnostopoulos, D. C., Sbokou, O., & Soldatos, C. R. (2005). Sleep problems in adolescence. A study of senior high school students in Greece. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 14(4), 237-243.

Lien, L. (2007). Is breakfast consumption related to mental distress and academic performance in adolescents? *Public Health Nutrition*, 10(4), 422-428.

- Mackworth, J. F. (1959). Paced memorizing in a continuous task. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), 206-211.
- Parkes, A., Sweeting, H., Wight, D. & Henderson, M. (2013). Do television and electronic games predict children's psychosocial adjustment? Longitudinal research using the UK Millennium Cohort Study. *Archives of Disease in Childhood*, 98(5), 341-348.
- Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M. & Boxer, A. (1988). A self-report measure of pubertal status: Reliability, validity, and initial norms. *Journal of Youth and Adolescence*, 17(2), 117-133.
- Pivik, R. T., Tennal, K. B., Chapman, S. D., & Gu, Y. (2012). Eating breakfast enhances the efficiency of neural networks engaged during mental arithmetic in school-aged children. *Physiology & Behavior*, 106(4), 548-555.
- Przybylski, A. K., & Mishkin, A. F. (2016). How the quantity and quality of electronic gaming relates to adolescents' academic engagement and psychosocial adjustment. *Psychology of Popular Media Culture*, 5(2), 145-156.
- Romine, C. B. & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12(4), 190-201.
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Castillo, R., Martin-Matillas, M., Kwak, L., Vicente-Rodriguez, G., . . . Moreno, L. A. (2010). Physical activity, fitness, weight status, and cognitive performance in adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 157(6), 917-922 e911-915.
- Sadeh, A., Gruber, R., & Raviv, A. (2003). The effects of sleep restriction and extension on school-age children: What a difference an hour makes. *Child Development*, 74(2), 444-455.

- Sharif, I., & Sargent, J. D. (2006). Association between television, movie, and video game exposure and school performance. *Pediatrics*, 118(4), e1061-1070.
- So, W. Y. (2013). Association between frequency of breakfast consumption and academic performance in healthy Korean adolescents. *Iranian Journal of Public Health*, 42(1), 25-32.
- St Clair-Thompson, H. L. & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-759.
- Stanislaw, H., & Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(1), 137-149.
- Stea, T. H. & Torstveit, M. K. (2014). Association of lifestyle habits and academic achievement in Norwegian adolescents: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 14(1), 829. doi: 10.1186/1471-2458-14-829
- Stiglic, N. & Viner, R. M. (2019). Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. *BMJ Open*, 9(1), e023191. doi: 10.1136/bmjopen-2018-023191
- Stroebele, N., McNally, J., Plog, A., Siegfried, S., & Hill, J. O. (2013). The association of self-reported sleep, weight status, and academic performance in fifth-grade students. *Journal of School Health*, 83(2), 77-84.
- Swanson, H. L., & Alloway, T. P. (2012). Working memory, learning, and academic achievement. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra, & J. Sweller (Eds.), *APA handbooks in psychology. APA educational psychology handbook, Vol. 1. Theories, constructs, and critical issues*. (p. 327–366). Washington DC, US: American Psychological Association.

Voyer, D. & Voyer, S. D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 140(4), 1174-1204.

Walsh, J. J., Barnes, J. D., Cameron, J. D., Goldfield, G. S., Chaput, J.-P., Gunnell, K. E., ... Tremblay, M. S. (2018). Associations between 24 hour movement behaviours and global cognition in US children: a cross-sectional observational study. *The Lancet Child & Adolescent Health*, 2(11), 783-791.

Wolfson, A. R., & Carskadon, M. A. (1998). Sleep schedules and daytime functioning in adolescents. *Child Development*, 69(4), 875-887.

Yan, H., Zhang, R., Oniffrey, T. M., Chen, G., Wang, Y., Wu, Y., . . . Moore, J. B. (2017). Associations among Screen Time and Unhealthy Behaviors, Academic Performance, and Well-Being in Chinese Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(6).

#### 4.4 Résultats complémentaires

Afin d'atteindre les trois objectifs spécifiques de cette thèse, des analyses complémentaires à celles réalisées dans le cadre des trois articles scientifiques présentés aux sections 4.1, 4.2 et 4.3 ont été réalisées. La présente sous-section expose donc les résultats des analyses en lien avec l'influence des facteurs psychologiques et sociologiques sur le rendement scolaire des élèves du secondaire de même que les modèles multifactoriels finaux de prédiction du rendement scolaire. Ces résultats feront l'objet de deux autres articles scientifiques.

##### 4.4.1 Les facteurs psychologiques et sociologiques

En lien avec l'objectif spécifique 1, nous avons observé à l'an 1 que, chez les filles, la motivation intrinsèque liée à l'accomplissement était positivement corrélée avec le rendement scolaire en français ( $r = 0,24; p < 0,05$ ). Du côté des garçons, la motivation intrinsèque liée à la connaissance de même que la motivation extrinsèque identifiée étaient toutes deux positivement associées avec le rendement scolaire en sciences ( $r = 0,29$  et  $r = 0,30$ , respectivement;  $p < 0,05$ ). Des tendances ont également été relevées au niveau des corrélations entre la motivation intrinsèque liée à l'accomplissement et le rendement scolaire en sciences ( $r = 0,27; p = 0,06$ ) ainsi qu'entre la motivation extrinsèque identifiée et la moyenne générale ( $r = 0,27; p = 0,07$ ). Aucun lien n'a été trouvé entre le niveau socioéconomique, les influences culturelles et le rendement scolaire à l'an 1. Pour cette raison, nous avons décidé de considérer le niveau de diplomation de chacun des parents comme une potentielle variable explicative du rendement scolaire dans les analyses de régressions linéaires, lui qui était à la base jumelé avec deux autres variables pour former un indice du niveau socioéconomique des participants. Au niveau des analyses de régression linéaire à l'an 1, nous avons observé que la motivation intrinsèque liée à l'accomplissement était le seul prédicteur

du rendement scolaire en français chez les filles ( $R^2 = 0,08; p < 0,01$ ). De plus, chez les garçons, la motivation extrinsèque identifiée permettait d'expliquer 5,8 % de la variance de la moyenne générale ( $p < 0,05$ ) alors que l'âge et la motivation intrinsèque liée à la connaissance permettait d'expliquer 21,5 % de la variation du rendement scolaire en sciences ( $p < 0,05$ ).

Ensuite, concernant l'objectif spécifique 2, nous avons observé à l'an 1 que les garçons présentaient une meilleure estime de soi que les filles, que les filles présentaient un niveau d'anxiété supérieur à celui des garçons et que ces écarts entre les sexes s'accentuaient au fil des trois années de l'étude ( $p < 0,05$ ). Par contre, ni l'estime de soi, ni le niveau d'anxiété ne semblent associés au rendement scolaire des adolescentes et des adolescents de notre échantillon.

Finalement, en ce qui a trait à l'objectif spécifique 3, les résultats de nos analyses indiquent que chez les filles, l'estime de soi et la motivation extrinsèque identifiée diminuent alors que le niveau d'anxiété et l'amotivation augmente pendant les trois années pris en compte dans l'étude ( $p < 0,01$ ). Les motivations intrinsèques liées à la connaissance, à l'accomplissement et à la stimulation de même que la motivation extrinsèque introjectée diminuent autant chez les filles que chez les garçons ( $p < 0,05$ ). Au niveau des analyses de régression linéaire chez les filles, nous avons observé que l'âge et la motivation liée à la connaissance permettaient d'expliquer 35,4 % de la variation des  $\Delta s$  du rendement scolaire en sciences ( $p < 0,05$ ). La variation des  $\Delta s$  du rendement scolaire en français s'expliquent par la langue maternelle des participantes ( $R^2 = 0,08; p < 0,01$ ), alors qu'aucun facteur psychologique ou sociologique ne permet d'expliquer les  $\Delta s$  du rendement scolaire en mathématiques ou de la moyenne générale. Du côté des garçons, le niveau de diplomation du père permet d'expliquer 9,2 % de la variation des  $\Delta s$  de la moyenne générale ( $p < 0,05$ ) alors que l'âge combiné avec le niveau de diplomation du père permettent d'expliquer 45,2 % de la variation des  $\Delta s$  du rendement scolaire en sciences ( $p < 0,05$ ). Aucun facteur psychologique ou

sociologique ne permet d'expliquer les  $\Delta s$  du rendement scolaire en mathématiques et en français.

#### 4.4.2 Modèles finaux

##### 4.4.2.1 Les prédicteurs du rendement scolaire

Les analyses de régressions linéaires réalisées en considérant l'ensemble des différentes variables mesurées dans le cadre de cette étude permettent d'obtenir un portrait plus global des différents facteurs prédisant le rendement scolaire des adolescentes et des adolescents et ainsi de répondre à nos objectifs spécifiques 1 et 2.

Chez les filles, les principaux facteurs permettant de prédire le rendement scolaire à l'an 1 sont le temps écran, le VO<sub>2</sub> max, le sommeil, l'âge et l'endurance musculaire (voir Tableau 4.16). Les différentes combinaisons de ces facteurs permettent d'expliquer entre 24,3 % et 37,7 % des variations du rendement scolaire entre les adolescentes en fonction de la matière scolaire.

Du côté des garçons, les résultats indiquent également que les combinaisons de facteurs explicant le rendement scolaire à l'an 1 varient en fonction de la matière scolaire étudiée et permettent d'expliquer entre 23,7 % et 39,7 % des variations de ces mesures du rendement scolaire (voir Tableau 4.17). Notons que, parmi tous ces facteurs, le temps passé à jouer à des jeux vidéos lors de la fin de semaine et le pourcentage de réussite au test 2-back semblent prédire de façon significative deux des quatre mesures du rendement scolaire utilisées dans cette étude.

Tableau 4.16 Modèle final des prédicteurs du rendement scolaire à l'an 1 des adolescentes

<b>Variables dépendantes</b>	<b>Variables indépendantes</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>R<sup>2</sup> cummulatif</b>
<b>Moyenne générale</b>	Télévision FDS	-0,554	0,377
	Nb heures sommeil FDS	0,537	
	VO <sub>2</sub> max	0,359	
	Cellulaire FDS	-0,010	
<b>Sciences</b>	Âge	-3,384	0,251
	Temps écran total SEM	-0,431	0,353
	VO <sub>2</sub> max	0,340	
<b>Mathématiques</b>	Télévision SEM	-1,366	0,243
	Redressements assis	0,165	
	Cellulaire FDS	0,013	
<b>Français</b>	VO <sub>2</sub> max	0,482	0,299
	Cellulaire FDS	-0,017	

La valeur de *p* pour chacun de ces 4 modèles est de < 0,001.

Nb : Nombre; FDS : Fin de semaine; SEM : semaine.

Tableau 4.17 Modèle final des prédicteurs du rendement scolaire à l'an 1 des adolescents

<b>Variables dépendantes</b>	<b>Variables indépendantes</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>R<sup>2</sup> cummulatif</b>
<b>Moyenne générale*</b>	Équipe sportive de l'école	4,710	0,397
	Motivation identifiée	0,642	
	VO <sub>2</sub> max	0,404	
	Pourcentage réussite 2-back	0,207	
<b>Sciences*</b>	Âge	-3,049	0,150
	Jeux vidéos FDS	-0,783	0,256
	Motivation connaissance	-0,431	
<b>Mathématiques*</b>	Jeux vidéos FDS	-0,960	0,237
	Pourcentage réussite 2-back	0,190	
	Pompes	0,143	

\*La valeur de  $p$  pour chacun de ces 3 modèles est de  $\leq 0,001$ . Aucune variable indépendante ne permet d'expliquer de façon significative la variance en français.  
FDS : Fin de semaine.

#### 4.4.2.2 Les prédicteurs des variations du rendement scolaire

D'autres analyses de régressions linéaires ont été réalisées dans le but de déterminer quels étaient les différents facteurs permettant d'expliquer les variations du rendement scolaire au cours d'une période de trois ans chez les adolescentes et les adolescents et ainsi de répondre à l'objectif spécifique 3.

Les résultats de ces analyses indiquent que, chez les filles, les différents facteurs permettant d'expliquer les variations du rendement scolaire diffèrent selon la matière scolaire et permettent d'expliquer entre 8,9 % et 38,6 % des variations de ces mesures du rendement scolaire (voir Tableau 4.18).

Du côté des garçons, les facteurs expliquant les variations du rendement scolaire varient également en fonction de la matière scolaire étudiée et permettent d'expliquer entre 5,9 % et 52,1 % des variations de ces mesures du rendement scolaire (voir Tableau 4.19).

Tableau 4.18 Modèle final des prédicteurs de la variation du rendement scolaire chez des adolescentes

Variables dépendantes	Variables indépendantes	R <sup>2</sup> cummulatif	P
<b>ΔMoyenne générale</b>	ΔFlanker réussite non congruent	0,089	0,013
	Δ2-back TR		
<b>ΔSciences</b>	Âge	0,331	0,000
	ΔFlanker réussite non congruent	0,386	0,008
	ΔFlanker interference TR		
<b>ΔMathématiques</b>	Âge	0,294	0,000
<b>ΔFrançais</b>	Pompes A1	0,124	0,001
	Langue maternelle		

TR : Temps de réaction, A1 : An 1.

Tableau 4.19 Modèle final des prédicteurs de la variation du rendement scolaire chez des adolescents

<b>Variables dépendantes</b>	<b>Variables indépendantes</b>	<b>R<sup>2</sup> cummulatif</b>	<b>P</b>
<b>ΔMoyenne générale</b>	ΔPortions F/L	0,261	0,000
	Diplôme père		
<b>ΔSciences</b>	Âge	0,391	0,000
	ΔTemps d'étude	0,521	0,001
	Diplôme père		
<b>ΔMathématiques</b>	Âge	0,069	0,027
	ΔHeure de coucher SEM	0,271	0,000
<b>ΔFrançais</b>	ΔPompes	0,059	0,043

F/L : Fruits et légumes, SEM : semaine.

## CHAPITRE V

### DISCUSSION

#### 5.1 Retour sur les hypothèses et principaux résultats

Dans le cadre de ce projet de recherche, nous avions formulé trois hypothèses en lien avec nos trois objectifs spécifiques.

##### 5.1.1 Objectif spécifique 1

Tout d'abord, en lien avec notre premier objectif spécifique, nous avions émis l'hypothèse qu'il existe une configuration favorable concernant les fonctions cognitives, les caractéristiques physiques, psychologiques, sociologiques et les habitudes de vie qui pourrait favoriser le rendement scolaire des adolescentes et des adolescents et que les fonctions cognitives seraient le facteur le plus important dans cette relation. Cette première hypothèse a été partiellement confirmée par les résultats de l'étude.

Effectivement, les résultats détaillés au chapitre précédent indiquent qu'il existe, pour chacune des matières scolaires mesurées, une configuration des différents facteurs évalués dans le cadre de cette étude qui permette de favoriser le rendement scolaire des participants de notre échantillon. Cependant, les fonctions cognitives ne se démarquent pas des autres facteurs dans leur association avec le rendement scolaire des élèves de notre échantillon.

Chez les filles, nos résultats indiquent que la santé cardiorespiratoire et le temps passé devant les écrans sont les deux principaux facteurs associés à leur rendement scolaire. Différentes mesures du temps écran sont négativement associées avec le rendement scolaire de filles pour chacune des trois matières scolaires ainsi que pour la moyenne académique générale, alors que l'on retrouve le VO<sub>2</sub> max parmi les facteurs expliquant le rendement scolaire dans trois de nos quatre mesures. Ces résultats abondent dans le même sens que la littérature, qui soutient que le VO<sub>2</sub> max serait la caractéristique physique qui influencerait le plus le rendement scolaire des filles (Castelli *et al.*, 2007; Esteban-Cornejo *et al.*, 2014). Un des mécanismes possibles souvent mis de l'avant pour expliquer cette association est l'amélioration des fonctions cognitives, qui elles entraînent une augmentation du rendement scolaire (Hillman *et al.*, 2005). En effet, il a été rapporté à plusieurs reprises que l'amélioration du VO<sub>2</sub> max se faisait simultanément avec l'amélioration des fonctions cognitives, notamment par le biais de l'activité physique (Hillman *et al.*, 2009; Pontifex *et al.*, 2009). Cependant, dans notre échantillon, les fonctions cognitives ne sont pas fortement associées avec le rendement scolaire des filles, laissant croire qu'un autre mécanisme, pour le moment inconnu, pourrait expliquer les résultats obtenus. Ensuite, la littérature indique également que le temps passé devant les écrans est négativement associé avec le rendement scolaire des adolescentes, ce que confirment les résultats de notre étude (García-Hermoso et Marina, 2017; Sharif et Sargent, 2006; Yan *et al.*, 2017). Nos résultats apportent une distinction entre le temps passé devant les écrans pendant la semaine et le temps passé devant les écrans la fin de semaine, en plus de détailler tout ce temps écran selon l'appareil (télévision, ordinateur/tablette, cellulaire) ou le motif d'utilisation (jeux vidéos, réseaux sociaux). À notre connaissance, peu d'études avant nous ont permis de dresser un bilan aussi complet des habitudes des adolescents en matière de temps écran, plusieurs se limitant à la mesure du temps passé devant la télévision sur une période de sept jours (Carson *et al.*, 2016). À la lumière de ces résultats, les décideurs du milieu scolaire pourraient cibler des interventions visant à améliorer les habitudes de vie des

adolescentes. Cela pourrait permettre à la fois d'améliorer leur santé générale et leur rendement scolaire.

Ensuite, chez les garçons, nos résultats indiquent que la mémoire de travail et le temps passé à jouer à des jeux vidéos lors de la fin de semaine sont les deux facteurs récurrents dans la prédiction du rendement scolaire dans les différentes matières. Considérant la littérature sur le sujet, l'association positive entre la mémoire de travail et le rendement scolaire était un résultat attendu (St Clair-Thompson et Gathercole, 2006). De leur côté, les associations négatives observées entre le temps passé à jouer à des jeux vidéos lors de la fin de semaine et le rendement scolaire en sciences ( $\beta = -0,783$ ) et en mathématiques ( $\beta = -0,960$ ) ne bénéficient pas d'une littérature sur le sujet très étouffée (Hunter *et al.*, 2018), la majorité des études s'étant limitées à la mesure du temps passé devant la télévision (Carson *et al.*, 2016). Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude permettent donc de bonifier la littérature existante en soulignant l'importance de bien mesurer tout le temps passé devant les écrans, surtout à une ère où la façon d'utiliser la technologie et les médias est en constante évolution (Rideout *et al.*, 2010).

### 5.1.2 Objectif spécifique 2

Par la suite, concernant notre deuxième objectif spécifique, nous avions émis l'hypothèse selon laquelle les filles présenteraient un meilleur rendement scolaire que les garçons et que cette différence s'expliquerait par de meilleures fonctions cognitives chez les filles. Cette deuxième hypothèse a été partiellement confirmée.

En effet, nous avons observé que, à l'an 1, les filles présentaient un meilleur rendement scolaire que les garçons en sciences, en français ainsi que pour la moyenne académique générale, alors qu'il n'y avait aucune différence en mathématiques. De plus, à l'an 3, le rendement scolaire des filles de notre échantillon surpassait celui des garçons en français ainsi que pour la moyenne académique générale, alors qu'il n'y avait aucune

différence en sciences et en mathématiques. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus par d'autres équipes de recherche (Lachance et Mazzocco, 2006; Sanchez *et al.*, 2000). Par exemple, une étude conduite chez 144 701 étudiants de la première à la onzième année a rapporté que les filles réussissaient mieux que les garçons en lecture, en langue et en épellation (Sanchez *et al.*, 2000). De plus, les filles obtenaient de meilleures résultats en mathématiques que les garçons jusqu'en neuvième année tandis que les garçons avaient de meilleurs rendements en sciences que les filles (Sanchez *et al.*, 2000). D'un autre côté, Lachance et Mazzocco (2006) ont évalué s'il existait une différence entre les filles et les garçons dans les résultats en mathématiques au primaire. Dans le cadre de cette étude menée sur 200 enfants, plusieurs indicateurs du rendement scolaire en mathématiques ont été mesurés, telles que l'habileté en mathématiques et la perception visuelle. Les résultats ont indiqué que les différences entre les filles et les garçons en mathématiques étaient non significatives (Lachance et Mazzocco, 2006).

Les théories selon lesquelles le meilleur rendement scolaire des filles en comparaison des garçons s'expliqueraient par une plus grande discipline (Duckworth et Seligman, 2006) ainsi que par un plus grand désir de plaire aux adultes et une meilleure préparation en vue de leurs évaluations scolaires (Pomerantz *et al.*, 2002) n'ont pu être vérifiées dans le cadre de cette thèse et demeurent des possibilités à considérer. Néanmoins, nos résultats permettent de réfuter l'idée soutenant que ce phénomène s'explique par le fait que les filles présentent de meilleures fonctions cognitives que les garçons (Naglieri et Rojahn, 2001; Spielberg *et al.*, 2015). En effet, aucune différence n'a été observée entre les filles et les garçons de notre échantillon quant à leurs capacités d'attention et d'inhibition de même qu'en ce qui concerne leur mémoire de travail. Donc, contrairement à l'hypothèse que nous avions émis, nos résultats suggèrent que les différences dans le rendement scolaire des adolescentes et des adolescents ne seraient pas reliées à des différences au niveau des fonctions cognitives.

Néanmoins, nos résultats indiquent que les facteurs impliqués dans l'explication du rendement scolaire des adolescentes et des adolescents diffèrent. Il avait déjà été observé aux États-Unis que la condition physique influençait davantage le rendement scolaire des filles que celui des garçons dans un large échantillon composé de 884 715 élèves de cinquième année ainsi que de première et troisième secondaire (Grissom, 2005). Cela est cohérent avec nos résultats soutenant que l'association entre le VO<sub>2</sub> max et le rendement scolaire serait plus importante chez les filles que chez les garçons. Toutefois, à notre connaissance, c'est la première fois que les résultats d'une étude soulignent que le type de temps écran associé au rendement scolaire pourrait être différent en fonction du sexe des élèves (télévision et cellulaire chez les filles, jeux vidéos chez les garçons). En effet, une étude menée au Japon sur 315 adolescents de 12 et 13 ans a rapporté que le temps écran était négativement associé au rendement scolaire des garçons seulement (Morita *et al.*, 2016). Dans cette étude, seul le temps passé à jouer à des jeux vidéos et le temps passé à utiliser un téléphone cellulaire étaient évalués afin de créer une variable dichotomique en fonction du respect des recommandations de temps écran (moins de deux heures par jour) ou non. De plus, il a été rapporté à maintes reprises que le temps écran est négativement associé au rendement scolaire des enfants et des adolescents (García-Hermoso et Marina, 2017; Syvaoja *et al.*, 2018), mais, à notre connaissance, aucune distinction n'a jamais été réalisée en fonction du type de temps écran.

### 5.1.3 Objectif spécifique 3

Finalement, pour ce qui est de notre troisième objectif, nous avions émis l'hypothèse générale selon laquelle une combinaison de facteurs mesurés dans cette étude permettrait d'expliquer une partie importante de la variation sur trois ans du rendement scolaire. Cette hypothèse s'est également avérée.

Tout d'abord, nous avons observé que, chez les filles, les variations dans les  $\Delta s$  du rendement scolaire en français s'expliquent par la langue maternelle et par la force musculaire ( $R^2$  cummulatif = 0,124), alors que les variations des  $\Delta s$  du rendement scolaire en sciences et pour la moyenne académique générale semblent faiblement expliquées par les fonctions cognitives ( $R^2$  partiels variant entre 0,055 et 0,089). Par contre, le seul facteur permettant d'expliquer une partie importante des  $\Delta s$  du rendement scolaire chez les filles est l'âge, qui présente un  $R^2$  de 0,331 en sciences et un  $R^2$  de 0,294 en mathématiques. Dans le système scolaire québécois, les cours de mathématiques et de sciences au degré de difficulté plus élevé, donnant accès aux programmes d'études post-secondaires dans les domaines des sciences, mathématiques et de la santé, débutent en quatrième secondaire et se poursuivent en cinquième secondaire. Près des deux tiers des participants ont terminé l'étude alors qu'ils étaient en quatrième et cinquième secondaire et suivaient ces cours particuliers, ce qui explique probablement pourquoi l'âge est le facteur explicatif le plus important pour ces deux matières.

Puis, chez les garçons, 26,1 % de la variation des  $\Delta s$  observés pour la moyenne académique générale s'expliquaient par les habitudes alimentaires et le niveau de diplomation du père. Le niveau de diplomation du père apparaît également comme étant un des trois facteurs expliquant plus de la moitié des variations des  $\Delta s$  du rendement scolaire en sciences, aux côtés des  $\Delta s$  dans le temps d'étude et l'âge ( $R^2$  cummulatif de 0,521). Sur le plan des  $\Delta s$  en mathématiques, notre modèle final permet d'expliquer 27,1 % de sa variation à l'aide de l'âge ( $R^2$  partiel = 0,069) et des  $\Delta s$  dans l'heure du coucher sur semaine.

Ainsi, chez les filles, nos résultats ont permis d'établir une configuration de différents facteurs permettant d'expliquer entre 8,9 % et 38,6 % des  $\Delta s$  du rendement scolaire. En contrepartie, chez les garçons, nos modèles finaux en mathématiques, en sciences

et pour la moyenne académique générale semblent expliquer entre 26,1 % et 52,1 % des  $\Delta$ s.

## 5.2 Les fonctions cognitives et le rendement scolaire

Les fonctions cognitives étant fortement associées au rendement scolaire des enfants (Blair et Razza, 2007; St Clair-Thompson et Gathercole, 2006), les résultats obtenus indiquant qu'elles étaient peu ou pas du tout associées au rendement scolaire des adolescents de notre échantillon furent pour le moins étonnantes. Ceci dit, cela laisse supposer que, à l'adolescence, une panoplie d'autres facteurs gagnent en importance et influencent le rendement scolaire, rendant l'étude des différents facteurs influençant le rendement scolaire à l'adolescence d'autant plus intéressante. Par contre, bon nombre de chercheurs s'intéressent à la relation entre plusieurs facteurs pris en compte dans cette étude et les fonctions cognitives en justifiant le tout par l'importance des fonctions cognitives sur le rendement scolaire. Bien que l'utilité des capacités d'attention et d'inhibition ainsi que de la mémoire de travail en contexte scolaire soit indéniable, son lien direct avec le rendement scolaire chez les adolescents serait peut-être à nuancer davantage.

## 5.3 Le rendement scolaire, prévisible?

Au regard des résultats obtenus dans cette étude, un des constats qui s'imposent est la complexité de la tâche quand vient le temps de prédire le rendement scolaire des adolescents. Les résultats scolaires étant influencés par tellement de facteurs propres au jeune, à son développement, ses aptitudes, mais également à son environnement, sa famille, ses amis, son école, ses enseignants et à sa communauté, que de trouver une configuration de facteurs facilitant l'atteinte d'un bon rendement scolaire apparaît comme étant un objectif difficile à atteindre. Bien sûr, plusieurs facteurs mesurés dans

ce projet sont d'une importance capitale dans la réussite scolaire, mais l'unicité de chaque adolescent semble faire en sorte que l'importance relative de ces facteurs diffère d'un individu à l'autre et, ainsi, limite la création d'un modèle de prédicteurs généralisable à l'ensemble des adolescents.

Néanmoins, nous sommes parvenus à identifier différents facteurs permettant d'expliquer le rendement scolaire des adolescentes et des adolescents dans son ensemble. Ces facteurs semblent être principalement associés avec une bonne hygiène de vie (p. ex. santé cardiorespiratoire et temps écran), ce qui nous amène à nous questionner sur les mécanismes qui sous-tendent cette relation. Une explication appuyée par la littérature scientifique serait que cette association entre une bonne hygiène de vie et le rendement scolaire passe par l'amélioration des fonctions cognitives (Walsh *et al.*, 2018). Cependant, pour les raisons mentionnées au point 5.2, cette explication ne convient pas pour notre échantillon. Une autre explication possible serait alors que l'environnement au sein duquel évolue le jeune (sa famille, ses amis, son école, sa communauté, etc.) soit le vrai responsable des variations observées dans le rendement scolaire et qu'une bonne hygiène de vie serait le reflet d'un environnement favorable. Les données recueillies dans le cadre de cette étude ne permettent pas de vérifier cette hypothèse, mais il serait intéressant de le faire pour la suite des choses.

Finalement, nous avons également observé que les facteurs expliquant le rendement scolaire à la base ne sont pas les mêmes que ceux expliquant ses variations dans le temps. Cela suggère une évolution dynamique du rendement scolaire au fil des années et ajoute à la complexité de son étude. Tenter de prédire le rendement scolaire dans ce contexte apparaît donc comme étant un défi de taille.

#### 5.4 Les particularités de l'échantillon

Puisque notre projet de recherche était assis sur une problématique de compétitivité dans l'accès aux études post-secondaires, nous avions ciblé une école secondaire offrant exclusivement un programme éducatif particulier afin d'étudier le rendement scolaire d'élèves performants. Ce choix a entraîné des conséquences majeures sur le plan des analyses, parce que le rendement scolaire des élèves composant notre échantillon présentait une très faible variation entre les participants. Par exemple, la moyenne des moyennes académiques générales de nos participants à l'an 1 est de  $85,5\% \pm 5,4\%$ , ce qui limite probablement le nombre de facteurs explicatifs incluent dans nos modèles finaux qui ressortent de nos analyses de régression linéaire. D'un autre côté, cet échantillon présentait plusieurs caractéristiques singulières, ce qui nous a permis de faire des observations très intéressantes. En autres, tel que détaillé dans le deuxième article, la santé cardiorespiratoire et le niveau de pratique d'activité physique des participants de l'étude semblent être bien au-delà des moyennes canadiennes connues pour les adolescents. Ce constat nous amène à nous demander si les caractéristiques communes à l'échantillon ne seraient pas à même d'expliquer de façon plus globale le bon rendement scolaire de notre échantillon d'élèves performants. Il serait donc plus qu'intéressant de comparer les résultats obtenus à partir de cet échantillon avec les résultats d'un échantillon d'élèves cheminant dans un programme d'études secondaires régulier.

#### 5.5 Application des résultats

Les résultats obtenus dans le cadre de cette thèse peuvent avoir des implications importantes dans le milieu des écoles secondaires comparables à celle considérée dans la présente étude, autant pour les décideurs politiques et les intervenants que pour les élèves et leurs parents. Par exemple, afin d'améliorer la santé générale des élèves de

même que leur rendement scolaire, des interventions visant à diminuer le temps écran et à augmenter la santé cardiorespiratoire des élèves pourraient être mises en place. Des ateliers gratuits offerts le midi, après l'école ou le soir et visant à éduquer les élèves et leurs parents sur l'adoption d'un mode de vie sain et actif pourraient ainsi voir le jour dans les différentes écoles secondaires. Des campagnes de sensibilisation rappelant les recommandations en matière de mouvement sur 24 heures pourraient également être réalisées. De plus, en ce moment, dans les écoles secondaires du Québec, les notions entourant l'adoption d'un mode de vie sain et actif sont enseignées à l'intérieur des cours d'éducation physique et à la santé par des enseignants qualifiés. Cependant, le temps alloué pour l'enseignement de l'éducation physique et à la santé se situe habituellement autour de 75 minutes par semaine, alors que bien d'autres notions en lien avec l'agir et l'interagir en contextes de pratique d'activités physiques doivent également être enseignées dans ce cours. En ce sens, les écoles soucieuses d'améliorer le rendement scolaire de leurs élèves pourraient être tentées d'augmenter le temps alloué à cette matière dans leur grille-horaire afin d'insister sur l'importance d'adopter une bonne hygiène de vie. Bref, en accord avec les résultats de la présente étude, plusieurs mesures visant à améliorer simultanément la santé générale des élèves et leur rendement scolaire pourraient être mises en place dans les différentes écoles secondaires du Québec.

## 5.6 Limites de l'étude

Les résultats du présent projet de recherche doivent être interprétés avec précaution étant donné les différentes limites de cette étude. Tout d'abord, nos résultats sont limités à une population d'élèves provenant d'une seule école publique à vocation internationale de la grande région de Montréal. Ensuite, étant donné les variations dans les différents programmes scolaires et dans les différentes façons d'évaluer le rendement scolaire dans le monde entier, il est difficile d'établir des comparaisons avec

les résultats obtenus par d'autres équipes de chercheurs. Cependant, nous avons utilisé les résultats scolaires des participants en pourcentage tels que rapportés par l'école, ce qui demeure la méthode la plus utilisée et la plus enclue à être comparée avec les résultats existants dans la littérature. Aussi, des contraintes de temps au niveau de la collecte de données nous ont limités dans le nombre de fonctions cognitives évaluées. Effectivement, d'autres aspects des fonctions cognitives telles que l'organisation/planification et la flexibilité mentale semblent être associés au rendement scolaire (Daly-Smith *et al.*, 2018). Malgré cela, il est important de mentionner que les capacités d'attention et d'inhibition de même que la mémoire de travail font partie des fonctions cognitives les plus souvent mesurées dans les études réalisées en milieu scolaire (Daly-Smith *et al.*, 2018), facilitant ainsi la comparaison avec d'autres résultats. Finalement, des contraintes budgétaires et logistiques nous ont forcés à utiliser des habitudes de vie auto-rapportées par les participants. Malgré ces différentes limites, l'utilisation d'un devis longitudinal dans un échantillon considérable renforce les résultats obtenus dans le cadre de ce projet de recherche.

### 5.7 Perspectives

Les résultats obtenus dans la présente étude suscitent de nouvelles questions qui mériteraient d'être investiguées dans le futur. Premièrement, nous avons observé que l'association entre les fonctions cognitives et le rendement scolaire des adolescents de notre échantillon était faible ou parfois même inexistante. Il serait important d'approfondir les connaissances actuelles sur cette relation souvent prise pour acquis afin de confirmer ou de réfuter les résultats que nous avons obtenus. En plus de la mémoire de travail et des capacités d'attention et d'inhibition, il serait primordial de mesurer d'autres fonctions cognitives telles que l'organisarion/planification et la flexibilité mentale afin de dresser un portrait plus complet des liens existant entre les fonctions cognitives et le rendement scolaire des adolescents.

Ensuite, tel que mentioné au point 5.4, il serait pertinent de reproduire une étude similaire à celle-ci dans différents échantillons d'élèves cheminant dans divers programmes éducatifs. Cela permettrait à la fois de comparer nos résultats concernant les facteurs influençant le rendement scolaire et de vérifier si les caractéristiques des élèves qui nous apparaissent comme étant singulières et peut-être même liées au rendement scolaire le sont réellement.

Finalement, en plus des facteurs propres à l'élève, il serait crucial d'intégrer des facteurs liés à leur environnement (famille, amis, école, enseignants) ainsi qu'à leur communauté (présences d'organismes, de ressources, de partenariats avec l'école) dans un futur projet de recherche qui s'intéresserait au rendement scolaire des adolescents. Bien qu'une étude de cette envergure serait complexe à mettre en place, elle permettrait de pousser encore plus loin l'état des connaissances en lien avec l'objectif général de cette thèse et mènerait ainsi à une meilleure compréhension des différents facteurs influençant le rendement scolaire des adolescents.

## CONCLUSION

En conclusion, ce projet de thèse a permis d'identifier différents facteurs qui influencent le rendement scolaire des adolescentes et des adolescents et d'en mesurer l'importance relative. Principalement, il en ressort que, chez les filles, la santé cardiorespiratoire et le temps passé devant les écrans semblent être les deux principaux facteurs associés au rendement scolaire. Du côté des garçons, la mémoire de travail et le temps passé devant les jeux vidéos pendant la fin de semaine sont les deux facteurs récurrents dans la prédiction du rendement scolaire dans les différentes matières. Le devis longitudinal de ce projet a également permis d'analyser l'évolution des relations entre ces différents facteurs et le rendement scolaire des élèves du secondaire sur une période de trois ans, ce qui nous a permis de créer des modèles de prédiction du rendement scolaire qui semblent expliquer une partie importante du rendement scolaire des participants de notre échantillon. Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude peuvent avoir des implications importantes dans le milieu des écoles secondaires, autant pour les décideurs politiques et les intervenants que pour les élèves et leurs parents. Par exemple, des interventions visant à diminuer le temps écran et à augmenter la santé cardiorespiratoire des élèves pourraient être mises en place. Des campagnes de sensibilisation rappelant les recommandations en matière de mouvement sur 24 heures pourraient également voir le jour. Finalement, la compléction de ce projet de thèse soulève de nouvelles questions, qui, je l'espère, seront répondues dans un avenir rapproché.

## APPENDICE A

### CERTIFICATION ÉTHIQUE

UQÀM | Faculté des sciences de l'éducation

UQÀM | Faculté des sciences

CÉRPÉ-

# DE CERTIFICAT : 2013-0100

**Conformité à l'éthique en matière de recherche impliquant la participation de sujets humains**

Le Comité pour l'évaluation des projets étudiants impliquant de la recherche avec des êtres humains (CÉRPÉ) des facultés des sciences et des sciences de l'éducation de l'Université du Québec à Montréal a examiné le projet de recherche suivant :

**Titre du projet :** Influence des facteurs biologiques, psychologiques et sociologiques sur le rendement scolaire des élèves du secondaire : une étude longitudinale

**Responsable du projet :** Marie-Maude Dubuc  
**Programme:** Doctorat en biologie

**Superviseurs :** Antony Karelis  
 Mylène Aubertin Leheudre

Ce projet de recherche est jugé conforme aux pratiques habituelles et répond aux normes établies par le «*Cadre normatif pour l'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM*».

Le projet est jugé recevable au plan de l'éthique de la recherche sur des êtres humains.

<u>NOM</u>	<u>Membres du Comité</u>	<u>TITRE</u>	<u>DÉPARTEMENT</u>
Proulx, Jérôme	Président du Comité, professeur		Mathématiques, Faculté des sciences
Grenier, Johanne	Professeur		Kinanthropologie, Faculté des sciences
Bigras, Nathalie	Professeur		Didactique, Faculté des sciences de l'éducation
Fortier, Marie-Pierre	Professeur		Éducation et formation spécialisées, Faculté des sciences de l'éducation
Laforest, Louise	Professeur		Informatique, Faculté des sciences
Proulx, Sylvia	membre de la collectivité externe		

4-6-2014

Date

 Jérôme Proulx  
 Président du Comité

## APPENDICE B

### FORMULAIRE DE CONSENTEMENT DES PARTICIPANTS

## FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT (participant mineur)

**« Influence des facteurs physiques, psychologiques et sociologiques sur les fonctions cognitives et le rendement scolaire des élèves du secondaire : une étude longitudinale »**

**IDENTIFICATION**Responsable du projet :

Marie-Maude Dubuc (candidate au doctorat en biologie, Université du Québec à Montréal).  
Adresse postale : Département de Kinanthropologie, Université du Québec à Montréal, Case postale 8888, succursale Centre-ville Montréal (Québec), H3C 3P8.

Adresse électronique : [dubuc.marie-maude@courrier.uqam.ca](mailto:dubuc.marie-maude@courrier.uqam.ca).

Téléphone : 514-855-4198 poste 6243.

Intervenants du projet :

Antony Karelis, Professeur et Mylène Aubertin-Leheudre, Professeure.

Département, centre ou institut : Département de Kinanthropologie, Université du Québec à Montréal (UQÀM)

Adresse postale : Département de Kinanthropologie, Université du Québec à Montréal, Case postale 8888, succursale Centre-ville Montréal (Québec), H3C 3P8.

Adresses électroniques : [karelis.antony@uqam.ca](mailto:karelis.antony@uqam.ca), [aubertin-leheudre.mylene@uqam.ca](mailto:aubertin-leheudre.mylene@uqam.ca).

**BUT GÉNÉRAL DU PROJET ET DIRECTION**

Votre enfant est invité à prendre part à un projet de recherche visant à déterminer le rôle que jouent les facteurs physiques (composition corporelle, profil cardio-respiratoire, force musculaire, circonférence de la taille et stade de puberté), psychologiques (motivation envers les études, estime de soi et anxiété) et sociologiques (niveau d'éducation des parents, situation d'emploi des parents, attitudes, croyances, normes et valeurs en fonction de l'origine ethnique des élèves et habitudes de vie) sur les fonctions cognitives et le rendement scolaire des élèves du secondaire.

Ce projet de recherche est réalisé dans le cadre d'une thèse de doctorat sous les directions d'Antony Karelis et de Mylène Aubertin-Leheudre, tous deux professeurs au département de Kinanthropologie de la Faculté des Sciences de l'Université du Québec à Montréal. Le Pr Karelis peut être joint au (514) 987-3000 poste 5082 ou par courriel à l'adresse [karelis.antony@uqam.ca](mailto:karelis.antony@uqam.ca), alors que la Pr Aubertin-Leheudre peut être jointe au (514) 987-3000 poste 5018 ou par courriel à l'adresse [aubertin-leheudre.mylene@uqam.ca](mailto:aubertin-leheudre.mylene@uqam.ca).

La contribution de votre enfant favorisera l'avancement des connaissances dans le domaine des apprentissages et de la réussite scolaire.

## **TÂCHES DEMANDÉES À VOTRE ENFANT**

Pour les participants, les tests se dérouleront en 3 phases distinctes d'une durée totale de 240 min (ou 4 heures) qui se répéteront à chacune des 3 années scolaires prises en compte dans l'étude. Tout d'abord, (phase 1) une évaluation des aspects physiques de chacun des élèves participant à l'étude sera réalisée à l'intérieur des cours d'éducation physique et à la santé. Cette évaluation sera effectuée pendant 2 périodes de 75 minutes séparées par 7 jours et comprendra les tests suivants : estimation de la consommation maximale d'oxygène (test navette 20 mètres), force musculaire (préhension et saut à pieds joints), endurance musculaire (redressements assis et pompes), flexibilité du tronc, taille, poids, composition corporelle (bio-impédance) et circonférence de la taille. Il est important de mentionner que les tests de conditionnement physique que nous utiliserons dans le cadre de ce projet font déjà partie d'un projet de l'école sur le conditionnement physique des élèves. Tous les élèves de l'école réalisent donc déjà les tests d'endurance cardiovasculaire, d'endurance musculaire et de flexibilité à raison de deux fois par année depuis plusieurs années. Puis, (phase 2) les participants devront compléter les questionnaires suivants : l'Échelle d'estime de soi (Rosenberg), l'Échelle de motivation envers les études secondaires (Vallerand), l'Échelle de la satisfaction de l'image corporelle (Thompson & Gray), l'Échelle des stades de la puberté (Petersen), le questionnaire d'anxiété générale (Spielberger), le questionnaire Points forts - Points faibles (Goodman), un questionnaire sur les habitudes de vie, un questionnaire sociodémographique ainsi qu'un questionnaire sur les pratiques culturelles. La complétion de ces questionnaires se fera pendant une période de classe d'une durée de 70 minutes. Finalement, (phase 3) les fonctions cognitives des élèves seront évaluées à l'aide de la tâche « Flanker modifiée » (Eriksen), de la tâche « N-back » ainsi que de la tâche « TRAIL » (Delis *et al.*) lors d'une période d'encadrement de 20 minutes.

## **TÂCHES DEMANDÉES AUX PARENTS/TUTEURS**

À chacune des 3 années scolaires prises en compte dans l'étude, les parents/tuteurs des participants seront sollicités afin de remplir un questionnaire sur les antécédents médicaux des participants. La durée approximative de complétion de ce questionnaire est de 10 minutes. Ce questionnaire devra être complété et renvoyé préféablement dans un délai raisonnable de 2 semaines.

## **AVANTAGES ET RISQUES D'INCONFORT**

Il n'y a pas de risque irraisonnable associé à la participation de votre enfant à ce projet. Les activités proposées à votre enfant sont similaires à celles qu'il rencontre dans une journée de classe ordinaire. Néanmoins, soyez assuré que la responsable du projet demeurera attentive à toute manifestation inhabituelle chez votre enfant durant sa participation.

Le principal inconfort pouvant être ressenti par les participants est en lien avec le test suivant : le test Léger (course navette sur 20 mètres). Le test d'effort maximal en gymnase servira à mesurer les capacités cardio-respiratoires et peut engendrer un effort considérable. Les risques associés à ce test sont : essoufflement, souffle court, fatigue, inconfort musculaire local. Afin

que le test soit sécuritaire et conforme aux recommandations de l'ACSM, ce test sera arrêté si le participant ressent une difficulté respiratoire ou des maux au niveau de la poitrine. Le personnel de recherche est certifié en réanimation cardiorespiratoire. Malgré l'intensité associée à ce test, les risques de troubles cardiaques sont improbables, surtout chez une population d'âge scolaire. De plus, vous serez appelé à remplir un questionnaire sur les antécédents médicaux de votre enfant afin de nous assurer que son état physique soit conforme avec ce test.

D'un autre côté, outre le fait de contribuer à faire avancer les connaissances sur l'influence des facteurs physiques, psychologiques et sociologiques sur le rendement scolaire des adolescents, chaque participant pourra recevoir (sur demande) des informations utiles sur sa santé : un bilan cardio-respiratoire ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ ), un bilan des capacités fonctionnelles (force musculaire de la préhension et des membres inférieurs) et un bilan de la composition corporelle (pourcentage de masse grasse par bio-impédance). De plus, avec votre accord, si le dossier de votre enfant présente des résultats jugés comme étant « hors normes » à l'un ou l'autre des tests psychologiques, celui-ci pourra être rapporté aux professionnels de l'école (psychologue et psychoéducatrice) afin d'effectuer une évaluation complète. Sur la base de cette évaluation, un suivi pourrait être proposé à votre enfant.

### **ANONYMAT ET CONFIDENTIALITÉ**

Il est entendu que les renseignements recueillis auprès de votre enfant sont confidentiels et que seuls la responsable du projet et ses directeurs de recherche auront accès aux résultats des différents tests, questionnaires de même qu'aux résultats scolaires des participants. L'ensemble du matériel de recherche sera conservé sous clé par le chercheur responsable pour la durée totale du projet. Les données recueillies, les questionnaires ainsi que les formulaires de consentement seront détruits 5 ans après les dernières publications.

### **PARTICIPATION VOLONTAIRE**

La participation de votre enfant à ce projet est volontaire. Cela signifie que même si vous consentez aujourd'hui à ce que votre enfant participe à cette recherche, il demeure entièrement libre de ne pas participer ou de mettre fin à sa participation en tout temps sans justification ni pénalité. Vous pouvez également retirer votre enfant du projet en tout temps.

Pour les enfants qui ne participeront pas au projet, des exercices leur seront proposés en classe par l'enseignant(e).

Votre accord à participer implique également que vous acceptez que la responsable du projet puisse utiliser aux fins de la présente recherche (articles, mémoire, essai ou thèse, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant d'identifier votre enfant ne soit divulguée publiquement à moins d'un consentement explicite de votre part et de l'accord de votre enfant.

**COMPENSATION**

Votre enfant ne sera pas compensé directement pour sa participation au projet de recherche. Sur demande, la responsable du projet vous transmettra un résumé des résultats de recherche au terme du projet.

**DES QUESTIONS SUR LE PROJET OU SUR VOS DROITS?**

Vous pouvez contacter la responsable pour des questions additionnelles sur le déroulement du projet. Vous pouvez également discuter avec le directeur de recherche des conditions dans lesquelles se déroulera la participation de votre enfant et de ses droits en tant que participant de recherche.

Le projet auquel vous allez participer a été approuvé au plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains. Pour toute question ne pouvant être adressée aux directeurs de recherche ou pour formuler une plainte ou des commentaires, vous pouvez contacter le Président du Comité d'éthique de la recherche pour étudiants (CÉRPÉ), par l'intermédiaire de son secrétariat au numéro (514)-987-3000 # 1646 ou par courriel à : ([savard.josee@uqam.ca](mailto:savard.josee@uqam.ca)).

**ARRÊT DU PROJET PAR LE CHERCHEUR**

S'il advenait que le chercheur décide d'arrêter le projet ou de mettre fin la participation d'une personne, il est entendu qu'il lui en fera part dans les plus brefs délais et justifiera une telle démarche. À ce moment, les résultats obtenus jusqu'à ce jour seront communiqués à cette personne.

**REMERCIEMENTS**

Votre collaboration et celle de votre enfant sont importantes à la réalisation de ce projet et nous tenons à vous en remercier.

**AUTORISATION PARENTALE**

En tant que parent ou tuteur légal de (nom de l'enfant et groupe) \_\_\_\_\_, je reconnaiss avoir lu le présent formulaire de consentement et consens volontairement à ce que mon enfant participe à ce projet de recherche. Je reconnaiss aussi que la responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante, et que j'ai disposé suffisamment de temps pour discuter avec mon enfant de la nature et des implications de sa participation. Je comprends que sa participation à cette recherche est totalement volontaire et qu'il peut y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme, ni justification à donner. Il lui suffit d'en informer un membre de l'équipe. Je peux également décider, pour des motifs que je n'ai pas à justifier, de retirer mon enfant du projet.

J'autorise mon enfant à participer au projet de recherche présenté ci-haut et à réaliser en classe les différents tests et questionnaires qui y sont décrits : **OUI NON**

J'accepte de répondre à titre de parent/tuteur légal au questionnaire décrit plus haut :  
**OUI    NON**

J'accepte que l'on consulte le dossier scolaire de mon enfant : **OUI    NON**

Signature de l'enfant : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Signature du parent/tuteur légal : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Nom (lettres moulées) : \_\_\_\_\_

Coordonnées (courriel et/ou téléphone) : \_\_\_\_\_

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques du projet et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature de la responsable du projet : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

Nom (lettres moulées) : \_\_\_\_\_

**Un exemplaire du formulaire d'information et de consentement signé doit être remis au participant.**

## ANNEXES

### **DÉTAILS DU DÉROULEMENT DES TESTS**

#### **Questionnaire destiné aux parents/tuteurs**

Questionnaire sur les antécédents médicaux des participants.

#### **Test cardio-respiratoire**

**Estimation de la consommation maximale d'oxygène** par le test navette 20 mètres (Léger).

Un test d'effort maximal en gymnase servira à mesurer la consommation maximale d'oxygène ( $\text{VO}_2 \text{ max}$ ). Le test Léger est une course navette sur 20 mètres. Le niveau de difficulté sera augmenté graduellement de 1 palier après chacune des minutes complétées. Le test dernier sera arrêté dès que le participant se sentira incapable de poursuivre. De plus, pour assurer au maximum la sécurité du sujet, les évaluateurs auront une carte valide de formation en RCR et défibrillateur. De plus, un défibrillateur sera disponible à proximité du gymnase où le test sera exécuté. Ce test permettra au sujet d'obtenir une évaluation précise de sa capacité aérobique. La capacité aérobique est un des déterminants important de la santé. Les risques associés à ce test sont : essoufflement, souffle court, fatigue, inconfort musculaire local.

#### **Tests de force musculaire**

**Force de préhension** par dynamomètre (Smedley-Type Hand Dynamometer, ERP, Laval, Canada).

La force maximale développée par chaque main, avec prise volontaire, sera évaluée par un dynamomètre en suivant la procédure de Société Canadienne de physiologie de l'exercice (SCPE) (SCPE, 2004). Le test de préhension consistera pour le sujet à déployer une force maximale durant 4 à 5 secondes pour 1 main, 3 fois. Par la suite, le participant fera la même procédure avec l'autre main. Pour ce test, le participant devra être debout, droit et ne devra pas fléchir le bras.

**Force des membres inférieurs** par le saut à pieds joints sans élan.

Le participant se place debout, les pieds à la largeur des épaules et les orteils juste derrière la ligne de départ. Il plie les genoux à 90° et s'aide en balançant les bras de l'arrière vers l'avant et saute le plus loin possible en atterrissant en équilibre sur ses deux pieds. La distance en centimètres est consignée entre la ligne de départ et le talon du participant le plus près de cette ligne. Le participant fera 2 essais et seul le meilleur résultat sera conservé.

#### **Tests d'endurance musculaire**

**Endurance musculaire des muscles abdominaux (redressements assis)**

Couché au sol, sur le dos, avec les genoux relevés à 90°, les mains sur les cuisses et les bras tendus, le participant doit effectuer un maximum de demi-redressements assis en 60 secondes.

**Endurance musculaire des membres supérieurs (pompes)**

Les mains et les orteils au sol avec le corps en position de planche, le participant doit effectuer le plus de pompes possible sans prendre de pause. Pour chacune des pompes effectuées, le participant doit descendre jusqu'à ce que ses coudes présentent une flexion de 90°. Le corps doit être droit tout au long de l'exécution du mouvement.

### **Test de flexibilité**

**Flexibilité du tronc** par le test de flexibilité en position assise.

### **Mesures anthropométriques et composition corporelle**

**Taille** à l'aide d'un ruban collé au mur. Le participant enlève ses chaussures, s'adosse au mur et reste droit.

**Circonférence de la taille** à l'aide d'un ruban à mesurer, avec une précision de 0,5 cm, selon les directives standardisées de Norton et Olds (2000). Le milieu entre l'épine iliaque antéro-supérieure et la dernière côte flottante sera identifié de chaque côté du corps du participant (approximativement 1cm en dessous du nombril). La mesure du tour de taille sera prise en encerclant le sujet à cet endroit à l'aide du ruban à mesurer. Les mesures de la circonférence de la taille seront prises trois fois chacune.

**Poids et pourcentage de masse grasse** à l'aide d'un analyseur de composition corporelle (InBody 230, Biospace, CA, USA).

Le poids et le pourcentage de masse grasse seront évalués par l'analyseur de composition corporelle par bio-impédancemétrie segmentaire InBody 230, qui utilise un système tétrapolaires à 8 points de contacts par électrodes. Cette méthode consiste à mesurer la composition grâce à un flux électrique traversant le corps humain. Plus spécifiquement, l'impédance est la mesure de l'opposition que rencontre un courant électrique de faible intensité lorsqu'il passe dans le corps via l'eau contenue à l'intérieur et à l'extérieur des cellules. Cette méthode est indolore et sécuritaire. Le participant devra enlever ses souliers ainsi que ses bas et porter des vêtements légers (vêtements d'éducation physique). L'impédance bioélectrique sera mesurée pendant que le sujet se tiendra debout sur l'appareil et agrippera avec ses mains les poignées prévues à cet effet. Les données recueillies, telles que calculées par l'algorithme du fabricant, sont la masse grasse, le pourcentage de masse grasse corporelle, la masse maigre, la masse musculaire et squelettique et l'indice de masse corporelle (IMC).

### **Réponses aux questionnaires**

Échelle d'estime de soi (Rosenberg Self-Esteem Scale [1]);

Échelle de motivation envers les études secondaires (Vallerand *et al.* [2]);

Échelle de la satisfaction de l'image corporelle (Contour Drawing Rating Scale, Thompson & Gray [3]);

Échelles des stades de la puberté (Carskadon *et al.* [4]);

Questionnaire d'anxiété générale (Spielberger [5]);

Questionnaire Points fort – Points faibles sur les problèmes émotionnels et comportementaux (Goodman [6]);

Questionnaire sur les habitudes de vie;

Questionnaire sociodémographique;

Questionnaire sociologique.

### **Fonctions cognitives**

Tâche modifiée de Flanker (Erickson *et al.* [7]);

Tâche N-back;

Tâche TRAIL (D-Kefs, Delis *et al.* [8]).

## RÉFÉRENCES

1. Rosenberg, M. (1989). *Society and the Adolescent Self-Image*. Middletown, CT: Wesleyan University Press.
2. Vallerand, R.J., Blais, M.R., Brière, N.M. & Pelletier, L.G. (1989). *Construction et validation de l'Échelle de Motivation en Éducation (EME)*. Revue canadienne des sciences du comportement, 21, 323-349.
3. Thompson, M.A. & Gray, J.J. (1995). *Development and validation of a new body image assessment tool*. Journal of Personality Assessment, 64, 258–269.
4. Carskadon, M.A. & Acebo, C. (1993). *A self-administered rating scale for pubertal development*. Journal of Adolescent Health, 14, 190-5.
5. Spielberger, C.D., Gorsuch, R.L. & Lushene, R.E. (1970). *State-Trait Anxiety Inventory Manual*. Calif.: Consulting Psychology Press.
6. Goodman, R. (1997). *The Strengths and Difficulties Questionnaire: A research note*. Journal of Child Psychology and Psychiatry, 38, 581-586.
7. Eriksen, B.A. & Eriksen, C.W. (1974). *Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task*. Percept Psychophys, 16:143–9.
8. Delis DC, Kramer JH, Kaplan E, Holdnack J. (2004). *Reliability and validity of the Delis-Kaplan executive function system: an update*. Journal of the International Neuropsychological Society, 10(2):301-3.

APPENDICE C

QUESTIONNAIRE SUR LES HABITUDES DE VIE

### QUESTIONNAIRE SUR LES HABITUDES DE VIE

**Indique ce qui correspond le mieux à ta situation depuis le début de l'année scolaire.**

1. En moyenne, durant l'année scolaire, combien d'heures par semaine occupes-tu un emploi rémunéré?
  - Ne travaille pas
  - Moins de 6 heures par semaine
  - Entre 6 et 12 heures par semaine
  - Entre 12 et 20 heures par semaine
  - Plus de 20 heures par semaine
  - Ne sait pas
  - Ne souhaite pas répondre
  
2. En moyenne, durant l'année scolaire, combien d'heures par semaine consacres-tu à tes études en dehors des heures passées en classe?
  - \_\_\_\_\_
  - Ne souhaite pas répondre
  
3. En moyenne, combien d'heures de télévision regardes-tu par jour pendant la semaine?
  - \_\_\_\_\_
  - Ne souhaite pas répondre
  
4. En moyenne, combien d'heures de télévision regardes-tu par jour pendant la fin de semaine?
  - \_\_\_\_\_
  - Ne souhaite pas répondre
  
5. De façon générale, quel genre d'émission de télévision écoutes-tu?
  - Téléréalité
  - Comédie
  - Drame
  - Action
  - Autre, précisez : \_\_\_\_\_
  
6. En moyenne, combien d'heures par jour passes-tu sur l'ordinateur pendant la semaine?  
(À l'école et à la maison)
  - \_\_\_\_\_
  - Ne souhaite pas répondre
  
7. En moyenne, combien d'heures par jour passes-tu sur l'ordinateur pendant la fin de semaine?
  - \_\_\_\_\_
  - Ne souhaite pas répondre

8. De façon générale, à quel genre de jeux joues-tu sur l'ordinateur?
- Jeu de stratégie  
 Jeu dont le personnage principal doit tirer sur une cible  
 Jeu simulant des sports  
 Autre, précisez : \_\_\_\_\_
9. En moyenne, combien d'heures par jour joues-tu à des jeux vidéo pendant la semaine?
- \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
10. En moyenne, combien d'heures par jour joues-tu à des jeux vidéo pendant la fin de semaine?
- \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
11. De façon générale, à quel genre de jeux vidéos joues-tu?
- Jeu de stratégie  
 Jeu dont le personnage principal doit tirer sur une cible  
 Jeu simulant des sports  
 Autre, précisez : \_\_\_\_\_
12. En moyenne, combien d'heures par jour passes-tu sur ton cellulaire pendant la semaine?
- \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
13. En moyenne, combien d'heures par jour passes-tu sur ton cellulaire pendant la fin de semaine?
- \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
14. En moyenne, combien d'heures par jour passes-tu sur les réseaux sociaux pendant la semaine?
- \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
15. En moyenne, combien d'heures par jour passes-tu sur les réseaux sociaux pendant la fin de
- \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
16. En moyenne, combien de repas prends-tu par jour?
- \_\_\_\_\_ repas  
 Ne sait pas  
 Ne souhaite pas répondre

17. Habituellement, la semaine, prends-tu un petit-déjeuner?  Oui  Non  Ne souhaite pas répondre
18. Habituellement, la fin de semaine, prends-tu un petit-déjeuner?  Oui  Non  Ne souhaite pas répondre
19. En moyenne, combien de portions de fruits et légumes consommes-tu par jour? \_\_\_\_\_  
 Ne sait pas  Ne souhaite pas répondre
20. En moyenne, à quelle heure te couches-tu pendant la semaine? \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
21. En moyenne, à quelle heure te lèves-tu pendant la semaine? \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
22. En moyenne, à quelle heure te couches-tu pendant la fin de semaine? \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
23. En moyenne, à quelle heure te lèves-tu pendant la fin de semaine? \_\_\_\_\_  
 Ne souhaite pas répondre
24. En moyenne, combien d'heures dors-tu par nuit la semaine? \_\_\_\_\_  
 Ne sait pas  Ne souhaite pas répondre
25. En moyenne, combien d'heures dors-tu par nuit la fin de semaine? \_\_\_\_\_  
 Ne sait pas  Ne souhaite pas répondre

26. En moyenne, combien de temps est-ce que ça \_\_\_\_\_ te prend avant de t'endormir?  Ne sait pas  Ne souhaite pas répondre
27. En moyenne, combien d'heures d'activité physique d'**intensité faible** (marche lente, yoga, vélo lent, golf, patins à roues alignées lent,...) fais-tu par semaine?  Ne sait pas  Ne souhaite pas répondre
28. En moyenne, combien d'heures d'activité physique d'**intensité modérée** (marche rapide, vélo, basket-ball (récréatif), badminton (récréatif), jogging léger, ...) fais-tu par semaine?  Ne sait pas  Ne souhaite pas répondre
29. En moyenne, combien d'heures d'activité physique d'**intensité élevée** (course à pied, vélo de montagne, sports de compétition, ski de fond, ...) fais-tu par semaine?  Ne sait pas  Ne souhaite pas répondre
30. Fais-tu partie d'une équipe sportive?  Oui, je fais partie d'une des équipes de mon école  Oui, je fais partie d'une équipe à l'extérieur de l'école  Non  Ne souhaite pas répondre
31. Quel type de sport pratiques-tu au sein de cette équipe?  Sport d'équipe  Sport individuel  Sport d'équipe et sport individuel  Je ne fais partie d'aucune équipe sportive  Ne souhaite pas répondre

## RÉFÉRENCES

- Achenbach, T. M. et Rescorla, L. A. (2001). *Manual for the ASEBA School-Age Forms & Profiles*. Burlington, Vermont : University of Vermont, Research Center for Children, Youth, & Families.
- Adelantado-Renau, M., Jimenez-Pavon, D., Beltran-Valls, M. R., Ponce-Gonzalez, J. G., Chiva-Bartoll, O. et Moliner-Urdiales, D. (2018). Fitness and academic performance in adolescents. The mediating role of leptin: DADOS study. *European journal of pediatrics*, 177(10), 1555-1563. doi: 10.1007/s00431-018-3213-z
- Adolphus, K., Lawton, C. L., Champ, C. L. et Dye, L. (2016). The effects of breakfast and breakfast composition on cognition in children and adolescents: a systematic review. *Advances in nutrition*, 7(3), 590S-612S. doi: 10.3945/an.115.010256
- Affinita, A., Catalani, L., Cecchetto, G., De Lorenzo, G., Dilillo, D., Donegani, G., ... Zuccotti, G. V. (2013). Breakfast: a multidisciplinary approach. *Italian journal of pediatrics*, 39, 44. doi: 10.1186/1824-7288-39-44
- Agence de la santé publique du Canada. (2016). *Comportements de santé des jeunes d'âge scolaire au Canada : un accent sur les relations*. Récupéré de <http://canadiensensante.gc.ca/publications/science-research-sciences-recherches/health-behaviour-children-canada-2015-comportements-sante-jeunes/alt/health-behaviour-children-canada-2015-comportements-sant%C3%A9-jeunes-fra.pdf>
- Ahamed, Y., Macdonald, H., Reed, K., Naylor, P. J., Liu-Ambrose, T. et McKay, H. (2007). School-based physical activity does not compromise children's academic performance. *Medicine & science in sports & exercise*, 39(2), 371-376.
- Alarcon, G., Pfeifer, J. H., Fair, D. A. et Nagel, B. J. (2018). Adolescent gender differences in cognitive control performance and functional connectivity between default mode and fronto-parietal networks within a self-referential

- context. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 12, 73. doi: 10.3389/fnbeh.2018.00073
- Alexander, K., Entwistle, D. et Kabbani, N. (2006). The dropout process in life course perspective: early risk factors at home and school. *Teachers College Record*, 2001(3), 477. doi: citeulike-article-id:80546
- Alexander, K. L., Entwistle, D. R. et Olson, L. S. (2001). Schools, achievement, and inequality: a seasonal perspective. *Educational evaluation and policy analysis*, 23(2), 171-191. doi: 10.3102/01623737023002171
- Alloway, T. P. et Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of experimental child psychology*, 106(1), 20-29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.11.003>
- Alves, C. R., Gualano, B., Takao, P. P., Avakian, P., Fernandes, R. M., Morine, D. et Takito, M. Y. (2012). Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. *Journal of sport and exercise psychology*, 34(4), 539-549.
- Alves-Martins, M., Peixoto, F., Gouveia-Pereira, M., Amaral, V. et Pedro, I. (2002). Self-esteem and academic achievement among adolescents. *Educational psychology*, 22(1), 51-62. doi: 10.1080/01443410120101242
- American College of Sports Medicine. (2014). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia, PA : Wolters Kluwer/Lippincott Williams et Wilkins Health.
- Anderson, D. R. et Subrahmanyam, K. (2017). Digital screen media and cognitive development. *Pediatrics*, 140(Suppl 2), S57-s61. doi: 10.1542/peds.2016-1758C
- Ardoy, D. N., Fernández-Rodríguez, J. M., Jiménez-Pavón, D., Castillo, R., Ruiz, J. R. et Ortega, F. B. (2014). A physical education trial improves adolescents' cognitive performance and academic achievement: the EDUFIT study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), e52-e61. doi: 10.1111/sms.12093
- Aritzeta, A., Soroa, G., Balluerka, N., Muela, A., Gorostiaga, A. et Aliri, J. (2017). Reducing anxiety and improving academic performance through a

biofeedback relaxation training program. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 42(3), 193-202. doi: 10.1007/s10484-017-9367-z

Association québécoise des neuropsychologues. (2019). Les fonctions cognitives. Récupéré de <http://aqnp.ca/la-neuropsychologie/les-fonctions-cognitives/>

Astin, A. W. (1998). The changing American college student: thirty-year trends, 1966-1996. *The review of higher education*, 21(2), 115-135.

Augustsson, S. R., Bersås, E., Magnusson Thomas, E., Sahlberg, M., Augustsson, J. et Svantesson, U. (2009). Gender differences and reliability of selected physical performance tests in young women and men. *Advances in physiotherapy*, 11(2), 64-70. doi: 10.1080/14038190801999679

Bandura, A. (1989). Self-regulation of motivation and action through internal standards and goal systems. Dans L. A. Pervin (dir.) *Goal concepts in personality and social psychology*. (p. 19-85). Hillsdale, NJ, US : Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Bangsbo, J., Krstrup, P., Duda, J., Hillman, C., Andersen, L. B., Weiss, M., ... Elbe, A. M. (2016). The Copenhagen Consensus Conference 2016: children, youth, and physical activity in schools and during leisure time. *British journal of sports medicine*, 50(19), 1177-1178. doi: 10.1136/bjsports-2016-096325

Barr, S. I., Vatanparast, H. et Smith, J. (2018). Breakfast in Canada: prevalence of consumption, contribution to nutrient and food group intakes, and variability across tertiles of daily diet quality. A study from the International Breakfast Research Initiative. *Nutrients*, 10(8), 985. doi: 10.3390/nu10080985

Bass, R. W., Brown, D. D., Laurson, K. R. et Coleman, M. M. (2013). Physical fitness and academic performance in middle school students. *Acta paediatrica*, 102(8), 832-837. doi: 10.1111/apa.12278

Battin-Pearson, S., Newcomb, M. D., Abbott, R. D., Hill, K. G., Catalano, R. F., Hawkins, J. D. (2000). Predictors of early high school dropout: a test of five theories. *Journal of educational psychology*, 92(3), 568-582. doi: 10.1037/0022-0663.92.3.568

- Baumeister, R. F., Campbell, J. D., Krueger, J. I. I. et Vohs, K. D. (2003). Does high self-esteem cause better performance, interpersonal success, happiness, or healthier lifestyles? *Psychological science in the public interest*, Supplement, 4(1).
- Baxter, S. D., Guinn, C. H., Tebbs, J. M. et Royer, J. A. (2013). There is no relationship between academic achievement and body mass index among fourth-grade, predominantly African-American children. *The journal of the academy of nutrition and dietetics*, 113(4), 551-557. doi: 10.1016/j.jand.2013.01.004
- Best, J. R., Miller, P. H. et Naglieri, J. A. (2011). Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and individual differences*, 21(4), 327-336. doi: 10.1016/j.lindif.2011.01.007
- Blair, C. et Diamond, A. (2008). Biological processes in prevention and intervention: the promotion of self-regulation as a means of preventing school failure. *Development and psychopathology*, 20(3), 899-911. doi: 10.1017/s0954579408000436
- Blair, C. et Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*, 78(2), 647-663. doi: 10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x
- Bolger, K. E., Patterson, C. J., Thompson, W. W. et Kupersmidt, J. B. (1995). Psychosocial adjustment among children experiencing persistent and intermittent family economic hardship. *Child development*, 66(4), 1107-1129.
- Booth, J. N., Tomporowski, P. D., Boyle, J. M., Ness, A. R., Joinson, C., Leary, S. D. et Reilly, J. J. (2014). Obesity impairs academic attainment in adolescence: findings from ALSPAC, a UK cohort. *International journal of obesity*, 38(10), 1335-1342. doi: 10.1038/ijo.2014.40
- Bound, J., Hershbein, B. et Long, B. T. (2009). Playing the admissions game: student reactions to increasing college competition. *Journal of economic perspectives*, 23(4), 119-146.
- Bradley, R. T., Galvin, P., Atkinson, M. et Tomasino, D. (2012). Efficacy of an emotion self-regulation program for promoting development in preschool children.

*Global advances in health and medicine*, 1(1), 36-50. doi: 10.7453/gahmj.2012.1.1.010

Britner, S. L. (2008). Motivation in high school science students: a comparison of gender differences in life, physical, and earth science classes. *Journal of research in science teaching*, 45(8), 955-970. doi: 10.1002/tea.20249

Buchmann, C., DiPrete, T. A. et McDaniel, A. (2008). Gender inequalities in education. *Annual review of sociology*, 34(1), 319-337. doi: doi:10.1146/annurev.soc.34.040507.134719

Buckley, J., Letukas, L. et Wildavsky, B. (2018). *Measuring success: testing, grades, and the future of college admissions*. Baltimore, MD : JHU Press.

Bugge, A., Moller, S., Westfall, D. R., Tarp, J., Gejl, A. K., Wedderkopp, N. et Hillman, C. H. (2018). Associations between waist circumference, metabolic risk and executive function in adolescents: a cross-sectional mediation analysis. *PLoS one*, 13(6), e0199281. doi: 10.1371/journal.pone.0199281

Burns, R. D., Fu, Y., Brusseau, T. A., Clements-Nolle, K. et Yang, W. (2018). Relationships among physical activity, sleep duration, diet, and academic achievement in a sample of adolescents. *Preventive medicine reports*, 12, 71-74. doi: 10.1016/j.pmedr.2018.08.014

Carey, E., Devine, A., Hill, F. et Szűcs, D. (2017). Differentiating anxiety forms and their role in academic performance from primary to secondary school. *PLoS one*, 12(3), e0174418-e0174418. doi: 10.1371/journal.pone.0174418

Carlson, S. A., Fulton, J. E., Lee, S. M., Maynard, L. M., Brown, D. R., Kohl III, H. W., et Dietz, W. H. (2008). Physical education and academic achievement in elementary school: data from the early childhood longitudinal study. *American journal of public health*, 98(4), 721-727. doi: 10.2105/AJPH.2007.117176

Carson, V., Chaput, J.-P., Janssen, I. et Tremblay, M. S. (2017). Health associations with meeting new 24-hour movement guidelines for Canadian children and youth. *Preventive medicine*, 95, 7-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.12.005>

- Carson, V., Hunter, S., Kuzik, N., Gray, C. E., Poitras, V. J., Chaput, J. P., ... Tremblay, M. S. (2016). Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 41(6 Suppl 3), S240-265. doi: 10.1139/apnm-2015-0630
- Casey, B. J., Galvan, A., et Hare, T. A. (2005). Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Current opinion in neurobiology*, 15(2), 239-244.
- Casey, B. J., Giedd, J. N., et Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological psychology*, 54(1-3), 241-257.
- Casey, B. J., Tottenham, N., Liston, C. et Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends in cognitive sciences*, 9(3), 104-110. doi: 10.1016/j.tics.2005.01.011
- Castelli, D., Hillman, C. H., Buck, S. M. et Erwin, H. E. (2007). Physical fitness and academic achievement in third- and fifth-grade students. *Journal of sport and exercise psychology*, 29(2), 239-252.
- Chen, L.-J., Fox, K. R., Ku, P.-W. et Taun, C.-Y. (2013). Fitness change and subsequent academic performance in adolescents. *Journal of school health*, 83(9), 631-638. doi: 10.1111/josh.12075
- Chojnacki, M. R., Raine, L. B., Drollette, E. S., Scudder, M. R., Kramer, A. F., Hillman, C. H., et Khan, N. A. (2018). The negative influence of adiposity extends to intraindividual variability in cognitive control among preadolescent children. *Obesity*, 26(2), 405-411.
- Chomitz, V. R., Slining, M. M., McGowan, R. J., Mitchell, S. E., Dawson, G. F. et Hacker, K. A. (2009). Is there a relationship between physical fitness and academic achievement? Positive results from public school children in the northeastern United States. *Journal of school health*, 79(1), 30-37. doi: 10.1111/j.1746-1561.2008.00371.x
- Christenson, S. L., Hurley, C. M., Sheridan, S. M. et Fenstermacher, K. (1997). Parents' and school psychologists' perspectives on parent involvement activities. *School psychology review*. 26(1), 111-130.

- Christie, D. et Viner, R. (2005). Adolescent development. *BMJ*, 330(7486), 301-304. doi: 10.1136/bmj.330.7486.301
- Coe, D. P., Peterson, T., Blair, C., Schutten, M. C. et Peddie, H. (2013). Physical fitness, academic achievement, and socioeconomic status in school-aged youth. *Journal of school health*, 83(7), 500-507. doi: 10.1111/josh.12058
- Coe, D. P., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J. et Malina, R. M. (2006). Effect of physical education and activity levels on academic achievement in children. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(8), 1515-1519. doi: 10.1249/01.mss.0000227537.13175.1b
- Cohen, J. (1983). The cost of dichotomization. *Applied psychological measurement*, 7(3), 249-253.
- Cohen, J. et Cohen, P. (1983). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.
- Cohen, B., Evers, S., Manske, S., Bercovitz, K. et Edward, H. G. (2003). Smoking, physical activity and breakfast consumption among secondary school students in a southwestern Ontario community. *Canadian journal of public health*, 94(1), 41-44.
- Colley, R. C., Carson, V., Garriguet, D., Janssen, I., Roberts, K. C. et Tremblay, M. S. (2017). Physical activity of Canadian children and youth, 2007 to 2015. *Health reports*, 28(10), 8-16.
- Conlon, M. (2006). The politics of access. *Higher education management and policy*, 18(2), 1-9.
- Correa-Burrows, P., Burrows, R., Blanco, E., Reyes, M. et Gahagan, S. (2016). Nutritional quality of diet and academic performance in Chilean students. *Bulletin of the World Health Organization*, 94(3), 185-192. doi: 10.2471/blt.15.161315
- Correa-Burrows, P., Rodriguez, Y., Blanco, E., Gahagan, S. et Burrows, R. (2018). Increased adiposity as a potential risk factor for lower academic performance: a cross-sectional study in Chilean adolescents from low-to-middle socioeconomic background. *Nutrients*, 10(9). doi: 10.3390/nu10091133

- Cosgrove, J. M., Chen, Y. T. et Castelli, D. M. (2018). Physical fitness, grit, school attendance, and academic performance among adolescents. *BioMed research international*, 2018, 9801258. doi: 10.1155/2018/9801258
- Cottone, J., Drucker, P. et Javier, R. A. (2007). Predictors of moral reasoning: components of executive functioning and aspects of religiosity. *Journal for the scientific study of religion*, 46(1), 37-53. doi: 10.1111/j.1468-5906.2007.00339.x
- Cottrell, L. A., Northrup, K. et Wittberg, R. (2007). The extended relationship between child cardiovascular risks and academic performance measures. *Obesity (Silver Spring)*, 15(12), 3170-3177. doi: 15/12/3170
- Crone, E. A., et Steinbeis, N. (2017). Neural perspectives on cognitive control development during childhood and adolescence. *Trends in cognitive sciences*, 21(3), 205-215.
- Daly-Smith, A., McKenna, J., Manley, A., et Defeyter, G. (2018). A review of school-based studies on the effect of acute physical activity on cognitive function in children and young people. Dans R. Meeusen, S. Schaefer, R. Bailey, & P. Tomporowski (dir.), *Physical activity and educational achievement: insights from exercise neuroscience*. Leeds, UK: Routledge.
- Datar, A., Sturm, R. et Magnabosco, J. L. (2004). Childhood overweight and academic performance: national study of kindergartners and first-graders. *Obesity research*, 12(1), 58-68. doi: 10.1038/oby.2004.9
- Davis, C. L. et Cooper, S. (2011). Fitness, fatness, cognition, behavior, and academic achievement among overweight children: do cross-sectional associations correspond to exercise trial outcomes? *Preventive medicine*, 52, S65-S69. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2011.01.020>
- Deci, E. L. et Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York, NY: Plenum.
- Dehart, G. B., Sroufe, L. A. et Cooper, R. G. (2004). *Child development: its nature and course*. New York, NY : McGraw-Hill.

- Diener, M. H., Golding, L. A. et Diener, D. (1995). Validity and reliability of a one-minute half sit-up test of abdominal strength and endurance. *Sports medicine, training and rehabilitation*, 6(2), 105-119. doi: 10.1080/15438629509512042
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., ... Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Medicine & science in sports & exercise*, 48(6), 1197-1222. doi: 10.1249/mss.0000000000000901
- Drummond, A. et Sauer, J. D. (2020). Timesplitters: playing video games before (but not after) school on weekdays is associated with poorer adolescent academic performance. A test of competing theoretical accounts. *Computers & education*, 144, 103704.
- Dubuc, M. M., Aubertin-Leheudre, M. et Karelis, A. D. (2017). Relationship between academic performance with physical, psychosocial, lifestyle, and sociodemographic factors in female undergraduate students. *International journal of preventive medicine*, 8, 22. doi: 10.4103/ijpvm.IJPVM\_177\_16
- Duchesne, S. et Larose, S. (2007). Adolescent parental attachment and academic motivation and performance in early adolescence. *Journal of applied social psychology*, 37(7), 1501-1521.
- Duckworth, A. L. et Seligman, M. E. P. (2006). Self-discipline gives girls the edge: gender in self-discipline, grades, and achievement test scores. *Journal of educational psychology*, 98(1), 198-208. doi: 10.1037/0022-0663.98.1.198
- Dumith, S. C., Gigante, D. P., Domingues, M. R. et Kohl III, H. W. (2011). Physical activity change during adolescence: a systematic review and a pooled analysis. *International journal of epidemiology*, 40(3), 685-698. doi: 10.1093/ije/dyq272
- Durston, S., Thomas, K. M., Yang, Y., Uluğ, A. M., Zimmerman, R. D., et Casey, B. J. (2002). A neural basis for the development of inhibitory control. *Developmental science*, 5(4), F9-F16.
- Edefonti, V., Rosato, V., Parpinel, M., Nebbia, G., Fiorica, L., Fossali, E., ... Agostoni, C. (2014). The effect of breakfast composition and energy contribution on cognitive and academic performance: a systematic review. *The American journal of clinical nutrition*, 100(2), 626-656. doi: 10.3945/ajcn.114.083683

- Edwards, J. U., Mauch, L. et Winkelmann, M. R. (2011). Relationship of nutrition and physical activity behaviors and fitness measures to academic performance for sixth graders in a midwest city school district. *Journal of school health*, 81(2), 65-73. doi: 10.1111/j.1746-1561.2010.00562.x
- Eimers, M. T. et Pike, G. R. (1997). Minority and nonminority adjustment to college: differences or similarities? *Research in higher education*, 38(1), 77-97.
- El-Anzi, F. O. (2005). Academic achievement and its relationship with anxiety, self-esteem, optimism, and pessimism in kuwaiti students. *Social behavior and personality: an international journal*, 33(1), 95-104. doi: 10.2224/sbp.2005.33.1.95
- Erickson, S. J., Robinson, T. N., Haydel, K. F. et Killen, J. D. (2000). Are overweight children unhappy?: Body mass index, depressive symptoms, and overweight concerns in elementary school children. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*, 154(9), 931-935.
- Ericsson, I. et Karlsson, M. K. (2014). Motor skills and school performance in children with daily physical education in school--a 9-year intervention study. *Scandinavian journal of science & medicine in sports*, 24(2), 273-278. doi: 10.1111/j.1600-0838.2012.01458.x
- Eriksen, B. A., et Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception and psychophysics*, 16(1), 143-149.
- Espana-Romero, V., Artero, E. G., Jimenez-Pavon, D., Cuenca-Garcia, M., Ortega, F. B., Castro-Pinero, J., ... Ruiz, J. R. (2010). Assessing health-related fitness tests in the school setting: reliability, feasibility and safety; the ALPHA Study. *International journal of sports medicine*, 31(7), 490-497. doi: 10.1055/s-0030-1251990
- Esteban-Cornejo, I., Tejero-Gonzalez, C. M., Martinez-Gomez, D., del-Campo, J., Gonzalez-Galo, A., Padilla-Moledo, C., ... Veiga, O. L. (2014). Independent and combined influence of the components of physical fitness on academic performance in youth. *The journal of pediatrics*, 165(2), 306-312.e302. doi: 10.1016/j.jpeds.2014.04.044

- Fallone, G., Acebo, C., Arnedt, J. T., Seifer, R. et Carskadon, M. A. (2001). Effects of acute sleep restriction on behavior, sustained attention, and response inhibition in children. *Perceptual and motor skills*, 93(1), 213-229. doi: 10.2466/pms.2001.93.1.213
- Fathi-Ashtiani, A., Ejei, J., Khodapanahi, M. K. et Tarkhorani, H. (2007). Relationship between self-concept, self-esteem, anxiety, depression and academic achievement in adolescents. *Journal of applied sciences*, 7(7), 955-1000.
- Faught, E. L., Ekwaru, J. P., Gleddie, D., Storey, K. E., Asbridge, M. et Veugelers, P. J. (2017). The combined impact of diet, physical activity, sleep and screen time on academic achievement: a prospective study of elementary school students in Nova Scotia, Canada. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 14(1), 29. doi: 10.1186/s12966-017-0476-0
- Faught, E. L., Gleddie, D., Storey, K. E., Davison, C. M. et Veugelers, P. J. (2017). Healthy lifestyle behaviours are positively and independently associated with academic achievement: an analysis of self-reported data from a nationally representative sample of Canadian early adolescents. *PloS one*, 12(7), e0181938-e0181938. doi: 10.1371/journal.pone.0181938
- Felez-Nobrega, M., Hillman, C. H., Cirera, E. et Puig-Ribera, A. (2017). The association of context-specific sitting time and physical activity intensity to working memory capacity and academic achievement in young adults. *European journal of public health*, 27(4), 741-746. doi: 10.1093/eurpub/ckx021
- Ferris, L. T., Williams, J. S. et Shen, C. L. (2007). The effect of acute exercise on serum brain-derived neurotrophic factor levels and cognitive function. *Medicine & science in sports & exercise*, 39(4), 728-734. doi: 10.1249/mss.0b013e31802f04c7
- Fortier, M. S., Vallerand, R. J. et Guay, F. (1995). Academic motivation and school performance: toward a structural model. *Contemporary educational psychology*, 20(3), 257-274.
- Fox, C. K., Barr-Anderson, D., Neumark-Sztainer, D. et Wall, M. (2010). Physical activity and sports team participation: associations with academic outcomes in middle school and high school students. *Journal of school health*, 80(1), 31-37. doi: 10.1111/j.1746-1561.2009.00454.x

- Freudenthaler, H. H., Spinath, B., et Neubauer, A. C. (2008). Predicting school achievement in boys and girls. *European journal of personality*, 22(3), 231-245.
- Gale, C. R., Martyn, C. N., Marriott, L. D., Limond, J., Crozier, S., Inskip, H. M., ... Robinson, S. M. (2009). Dietary patterns in infancy and cognitive and neuropsychological function in childhood. *Journal of child psychology and psychiatry*, 50(7), 816-823. doi: 10.1111/j.1469-7610.2008.02029.x
- García-Hermoso, A. et Marina, R. (2017). Relationship of weight status, physical activity and screen time with academic achievement in adolescents. *Obesity research & clinical practice*, 11(1), 44-50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2015.07.006>
- Gibson, E. S., Powles, A. C., Thabane, L., O'Brien, S., Molnar, D. S., Trajanovic, N., ... Chilcott-Tanser, L. (2006). "Sleepiness" is serious in adolescence: two surveys of 3235 Canadian students. *BMC public health*, 6, 116. doi: 10.1186/1471-2458-6-116
- Gil-Espinosa, F. J., Cadenas-Sánchez, C. et Chillón, P. (2018). Physical fitness predicts the academic achievement over one-school year follow-up period in adolescents. *Journal of sports science*, 1-6. doi: 10.1080/02640414.2018.1505184
- Goetz, T., Frenzel, A. C., Hall, N. C. et Pekrun, R. (2008). Antecedents of academic emotions: testing the internal/external frame of reference model for academic enjoyment. *Contemporary educational psychology*, 33(1), 9-33. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2006.12.002>
- Gouvernement du Québec. (2016). *Politique québécoise de la jeunesse 2030 : ensemble pour les générations présentes et futures Québec*, QC Récupéré de <https://www.jeunes.gouv.qc.ca/publications/documents/pqj-2030.pdf>
- Graham, J. G. (1987). English language proficiency and the prediction of academic success. *TESOL quarterly*, 21(3), 505-521.
- Green, B. N., Johnson, C. D. et McCarthy, K. (2003). Predicting academic success in the first year of chiropractic college. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 26(1), 40-46. doi: 10.1067/mmt.2003.9

- Green, C. S. et Bavelier, D. (2007). Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision. *Psychological Science*, 18(1), 88-94.
- Grissom, J. B. (2005). Physical fitness and academic achievement. *Journal of exercise physiology online*, 8(1), 11-25.
- Haapala, E. A., Eloranta, A. M., Venalainen, T., Jalkanen, H., Poikkeus, A. M., Ahonen, T., ... Lakka, T. A. (2017). Diet quality and academic achievement: a prospective study among primary school children. *European journal of nutrition*, 56(7), 2299-2308. doi: 10.1007/s00394-016-1270-5
- Hansen, D. M., Herrmann, S. D., Lambourne, K., Lee, J. et Donnelly, J. E. (2014). Linear/nonlinear relations of activity and fitness with children's academic achievement. *Medicine & science in sports & exercise*, 46(12), 2279-2285. doi: 10.1249/mss.0000000000000362
- Hanushek, E. A. et Woessmann, L. (2010). Education and Economic Growth. Dans P. Peterson, E. Baker et B. McGaw (dir.), *International Encyclopedia of Education* (vol. 2, p. 245-252). Oxford : Elsevier.
- Hartanto, A., Toh, W. X. et Yang, H. (2018). Context counts: The different implications of weekday and weekend video gaming for academic performance in mathematics, reading, and science. *Computers & education*, 120, 51-63.
- Hecht, S. A. et Greenfield, D. B. (2001). Comparing the predictive validity of first grade teacher ratings and reading-related tests on third grade levels of reading skills in young children exposed to poverty. *School psychology review*, 30(1), 50.
- Hidi, S. et Harackiewicz, J. M. (2000). Motivating the academically unmotivated: a critical issue for the 21st century. *Review of educational research*, 70(2), 151-179.
- Hillman, C. H., Castelli, D. M. et Buck, S. M. (2005). Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine & science in sports & exercise*, 37(11), 1967-1974. doi: 10.1249/01.mss.0000176680.79702.ce
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., ... Kamijo, K. (2014). Effects of the FITKids randomized controlled

- trial on executive control and brain function. *Pediatrics*, 134(4), e1063-1071. doi: 10.1542/peds.2013-3219
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E. et Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054. doi: 10.1016/j.neuroscience.2009.01.057
- Hockey, A. et Geffen, G. (2004). The concurrent validity and test-retest reliability of a visuospatial working memory task. *Intelligence*, 32(6), 591-605.
- Hollingshead, A. B. (1975). *Four factor index of social status* [Manuscrit non publié]. Yale University, New Haven, CT.
- Huang, T. T., Goran, M. I. et Spruijt-Metz, D. (2006). Associations of adiposity with measured and self-reported academic performance in early adolescence. *Obesity (Silver spring)*, 14(10), 1839-1845.
- Hunter, S., Leatherdale, S. T. et Carson, V. (2018). The 3-year longitudinal impact of sedentary behavior on the academic achievement of secondary school students. *Journal of school health*, 88(9), 660-668. doi: 10.1111/josh.12672
- Ialongo, N., Edelsohn, G., Werthamer-Larsson, L., Crockett, L. et Kellam, S. (1994). The significance of self-reported anxious symptoms in first-grade children. *Journal of abnormal child psychology*, 22(4), 441-455.
- Inquisit 4.0.9 [Logiciel]. (2015). Seattle, WA: Millisecond Software. Récupéré de <https://www.millisecond.com>
- Jeynes, W. (2002). The challenge of controlling for ses in social science and education research. *Educational psychology review*, 14(2), 205-221. Récupéré de <http://www.jstor.org/stable/23363545>
- Kamijo, K., Khan, N. A., Pontifex, M. B., Scudder, M. R., Drollette, E. S., Raine, L. B., ... Hillman, C. H. (2012). The relation of adiposity to cognitive control and scholastic achievement in preadolescent children. *Obesity (Silver spring)*, 20(12), 2406-2411. doi: 10.1038/oby.2012.112

- Kantomaa, M. T., Stamatakis, E., Kankaanpää, A., Kajantie, E., Taanila, A. et Tammelin, T. (2016). Associations of physical activity and sedentary behavior with adolescent academic achievement. *Journal of research on adolescence*, 26(3), 432-442. doi: 10.1111/jora.12203
- Karelis, A. D., Chamberland, G., Aubertin-Leheudre, M. et Duval, C. (2013). Validation of a portable bioelectrical impedance analyzer for the assessment of body composition. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 38(1), 27-32. doi: 10.1139/apnm-2012-0129
- Khan, N. A. et Hillman, C. H. (2014). The relation of childhood physical activity and aerobic fitness to brain function and cognition: a review. *Pediatric exercise science*, 26(2), 138-146. doi: 10.1123/pes.2013-0125
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *journal of experimental psychology*, 55(4), 352-358.
- Kristjánsson, A. L., Sigfúsdóttir, I. D. et Allegrante, J. P. (2010). Health behavior and academic achievement among adolescents: the relative contribution of dietary habits, physical activity, body mass index, and self-esteem. *Health education and behavior*, 37(1), 51-64.
- Lachance, J. A. et Mazzocco, M. M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and individual differences*, 16(3), 195-216.
- Lambourne, K., Hansen, D. M., Szabo, A. N., Lee, J., Herrmann, S. D. et Donnelly, J. E. (2013). Indirect and direct relations between aerobic fitness, physical activity, and academic achievement in elementary school students. *Mental health and physical activity*, 6(3), 165-171. doi: 10.1016/j.mhpa.2013.06.002
- Lazaratou, H., Dikeos, D. G., Anagnostopoulos, D. C., Sbokou, O. et Soldatos, C. R. (2005). Sleep problems in adolescence. A study of senior high school students in Greece. *European child & adolescent psychiatry*, 14(4), 237-243.
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C. et Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports science*, 6(2), 93-101. doi: 10.1080/02640418808729800

- Lemma, S., Berhane, Y., Worku, A., Gelaye, B. et Williams, M. A. (2013). Good quality sleep is associated with better academic performance among university students in Ethiopia. *Sleep breath.* doi: 10.1007/s11325-013-0874-8
- Leon-Carrion, J., Garcia-Orza, J. et Perez-Santamaria, F. J. (2004). Development of the inhibitory component of the executive functions in children and adolescents. *International journal of neuroscience*, 114(10), 1291-1311. doi: 10.1080/00207450490476066
- Li, X. (1995). A study of intelligence and personality in children with simple obesity. *International journal of obesity*, 19(5), 355-357.
- Li, Y., Allen, J. et Casillas, A. (2017). Relating psychological and social factors to academic performance: a longitudinal investigation of high-poverty middle school students. *Journal of adolescence*, 56, 179-189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2017.02.007>
- Lien, L. (2007). Is breakfast consumption related to mental distress and academic performance in adolescents? *Public health nutrition*, 10(4), 422-428. doi: 10.1017/s1368980007258550
- Lindberg, S. M., Hyde, J. S., Petersen, J. L. et Linn, M. C. (2010). New trends in gender and mathematics performance: a meta-analysis. *Psychological bulletin*, 136(6), 1123-1135. doi: 10.1037/a0021276
- Lleras, C. (2008). Do skills and behaviors in high school matter? The contribution of noncognitive factors in explaining differences in educational attainment and earnings. *Social science research*, 37(3), 888-902. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssresearch.2008.03.004>
- London, R. A. et Castrechini, S. (2011). A longitudinal examination of the link between youth physical fitness and academic achievement. *Journal of school health*, 81(7), 400-408. doi: 10.1111/j.1746-1561.2011.00608.x
- Mackworth, J. F. (1959). Paced memorizing in a continuous task. *Journal of experimental psychology*, 58(3), 206-211. doi: 10.1037/h0049090
- Malina, R. M., Bouchard, C. et Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*, Champaign, IL: Human Kinetics.

- Marsh, H. W. et Kleitman, S. (2003). School athletic participation: mostly gain with little pain. *Journal of sport and exercise psychology*, 25(2), 205-228.
- Mazzone, L., Ducci, F., Scoto, M. C., Passaniti, E., D'Arrigo, V. et Vitiello, B. (2007). The role of anxiety symptoms in school performance in a community sample of children and adolescents. *BMC Public Health*, 7(1), 1-6. doi: 10.1186/1471-2458-7-347
- Meyer, A., Bress, J. N. et Proudfoot, G. H. (2014). Psychometric properties of the error-related negativity in children and adolescents. *Psychophysiology*, 51(7), 602-610. doi: 10.1111/psyp.12208
- Miller, A. A., et Spencer, S. J. (2014). Obesity and neuroinflammation: a pathway to cognitive impairment. *Brain, behavior, and immunity*, 42, 10-21.
- Morita, N., Nakajima, T., Okita, K., Ishihara, T., Sagawa, M. et Yamatsu, K. (2016). Relationships among fitness, obesity, screen time and academic achievement in Japanese adolescents. *Physiology & behavior*, 163, 161-166. doi: 10.1016/j.physbeh.2016.04.055
- Mueller, S. (2011). The influence of emotion on cognitive control: relevance for development and adolescent psychopathology. *Frontiers in psychology*, 2(327). doi: 10.3389/fpsyg.2011.00327
- Mullender-Wijnsma, M. J., Hartman, E., de Greeff, J. W., Doolaard, S., Bosker, R. J. et Visscher, C. (2016). Physically active math and language lessons improve academic achievement: a cluster randomized controlled trial. *Pediatrics*, 137(3), e20152743. doi: 10.1542/peds.2015-2743
- Naglieri, J. A., et Rojahn, J. (2001). Gender differences in planning, attention, simultaneous, and successive (PASS) cognitive processes and achievement. *Journal of educational psychology*, 93(2), 430-437.
- Nagy, Z., Westerberg, H., et Klingberg, T. (2004). Maturation of white matter is associated with the development of cognitive functions during childhood. *Journal of cognitive neuroscience*, 16(7), 1227.
- Needham, B. L. et Crosnoe, R. (2005). Overweight status and depressive symptoms during adolescence. *Journal of adolescent health*, 36(1), 48-55. doi: 10.1016/j.jadohealth.2003.12.015

- Niehaus, K., Adelson, J. L., Sejuit, A. et Zheng, J. (2017). Native language background and academic achievement: is socioemotional well-being a mediator? *Applied developmental science*, 21(4), 251-265. doi: 10.1080/10888691.2016.1203790
- Norton, K., & Olds, T. (dir.). (1996). *Anthropometrika: a textbook of body measurement for sports and health courses*. Sydney, Australia: UNSW press.
- Oettinger, G. S. (1999). Does high school employment affect high school academic performance? *Industrial and labor relations review*, 53(1), 136-151.
- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., Espana-Romero, V., Jimenez-Pavon, D., Vicente-Rodriguez, G., ... Castillo, M. J. (2011). Physical fitness levels among European adolescents: the HELENA study. *British journal of sports medicine*, 45(1), 20-29. doi: 10.1136/bjsm.2009.062679
- Ortega, F. B., Artero, E. G., Ruiz, J. R., Vicente-Rodriguez, G., Bergman, P., Hagstromer, M., ... Castillo, M. J. (2008). Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *International journal of obesity*, 32 Suppl 5, S49-57. doi: 10.1038/ijo.2008.183
- Parkes, A., Sweeting, H., Wight, D. et Henderson, M. (2013). Do television and electronic games predict children's psychosocial adjustment? Longitudinal research using the UK Millennium Cohort Study. *Archives of disease in childhood*, 98(5), 341-348. doi: 10.1136/archdischild-2011-301508
- Petersen, A. C., Crockett, L., Richards, M. et Boxer, A. (1988). A self-report measure of pubertal status: reliability, validity, and initial norms. *Journal of youth and adolescence*, 17(2), 117-133. doi: 10.1007/bf01537962
- Phillips, S. et Hartley, J. T. (1990). Teaching students for whom English is a second language. *Nurse educator*, 15(5), 29-32.
- Pivik, R. T., Tennal, K. B., Chapman, S. D. et Gu, Y. (2012). Eating breakfast enhances the efficiency of neural networks engaged during mental arithmetic in school-aged children. *Physiology & behavior*, 106(4), 548-555. doi: 10.1016/j.physbeh.2012.03.034

- Plowman, S. et Meredith, M. (2013). *Fitnessgram/Activitygram reference guide*. Dallas, TX : The Cooper Institute.
- Pomerantz, E. M., Altermatt, E. R. et Saxon, J. L. (2002). Making the grade but feeling distressed: gender differences in academic performance and internal distress. *Journal of educational psychology*, 94(2), 396-404. doi: 10.1037/0022-0663.94.2.396
- Pontifex, M. B., Hillman, C. H., Fernhall, B., Thompson, K. M. et Valentini, T. A. (2009). The effect of acute aerobic and resistance exercise on working memory. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(4), 927-934. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181907d69
- Przybylski, A. K. et Mishkin, A. F. (2016). How the quantity and quality of electronic gaming relates to adolescents' academic engagement and psychosocial adjustment. *Psychology of popular media culture*, 5(2), 145-156.
- Rahafar, A., Maghsudloo, M., Farhangnia, S., Vollmer, C. et Randler, C. (2015). The role of chronotype, gender, test anxiety, and conscientiousness in academic achievement of high school students. *Chronobiology international*, 1-9. doi: 10.3109/07420528.2015.1107084
- Raine, L. B., Biggan, J. R., Baym, C. L., Saliba, B. J., Cohen, N. J. et Hillman, C. H. (2017). Adolescent changes in aerobic fitness are related to changes in academic achievement. *Pediatric exercise science*, 1-21. doi: 10.1123/pes.2015-0225
- Rauner, R. R., Walters, R. W., Avery, M. et Wanzer, T. J. (2013). Evidence that aerobic fitness is more salient than weight status in predicting standardized math and reading outcomes in fourth- through eighth-grade students. *The journal of pediatrics*, 163(2), 344-348. doi: 10.1016/j.jpeds.2013.01.006
- Read, B., Archer, L. et Leathwood, C. (2003). Challenging cultures? Student conceptions of 'belonging' and 'isolation' at a post-1992 university. *Studies in higher education*, 28(3), 261-277.
- Reynolds, M. R., Scheiber, C., Hajovsky, D. B., Schwartz, B. et Kaufman, A. S. (2015). Gender differences in academic achievement: is writing an exception to the gender similarities hypothesis? *The journal of genetic psychology*, 1-24. doi: 10.1080/00221325.2015.1036833

- Rideout, V. J., Foehr, U. G. et Roberts, D. F. (2010). Generation M<sup>2</sup>: media in the lives of 8-to 18-year-olds. *Henry J. Kaiser Family Foundation*.
- Rienties, B., Beausaert, S., Grohnert, T., Niemantsverdriet, S. et Kommers, P. (2012). Understanding academic performance of international students: the role of ethnicity, academic and social integration. *Higher education*, 63(6), 685-700. doi: 10.1007/s10734-011-9468-1
- Romine, C. B. et Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: findings from a meta-analysis. *Applied neuropsychology*, 12(4), 190-201. doi: 10.1207/s15324826an1204\_2
- Rosenberg, M. (1989). *Society and the adolescent self-image*. Middletown, CT : Wesleyan University Press.
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Castillo, R., Martin-Matillas, M., Kwak, L., Vicente-Rodriguez, G., ... Moreno, L. A. (2010). Physical activity, fitness, weight status, and cognitive performance in adolescents. *The journal of pediatrics*, 157(6), 917-922 e911-915.
- Sadeh, A., Gruber, R. et Raviv, A. (2003). The effects of sleep restriction and extension on school-age children: what a difference an hour makes. *Child development*, 74(2), 444-455.
- Salamonson, Y. et Andrew, S. (2006). Academic performance in nursing students: influence of part-time employment, age and ethnicity. *Journal of advanced nursing*, 55(3), 342-349; discussion 350-341.
- Sallis, J. F., McKenzie, T. L., Kolody, B., Lewis, M., Marshall, S. et Rosengard, P. (1999). Effects of health-related physical education on academic achievement: project SPARK. *Research quarterly for exercise and sport*, 70(2), 127-134.
- Sanchez, K., Kellow, T. et Ye, R. (2000). A comparison of Stanford Achievement Test (SAT-9) performance across grade, gender, ethnicity, and educational program placement.
- Satterthwaite, T. D., Wolf, D. H., Roalf, D. R., Ruparel, K., Erus, G., Vandekar, S., ... Gur, R. C. (2015). Linked sex differences in cognition and functional connectivity in youth. *Cerebral cortex*, 25(9), 2383-2394. doi: 10.1093/cercor/bhu036

- Scheiber, C., Reynolds, M. R., Hajovsky, D. B. et Kaufman, A. S. (2015). Gender differences in achievement in a large, nationally representative sample of children and adolescents. *Psychology in the schools*, 52(4), 335-348. doi: 10.1002/pits.21827
- Schieman, S. (2011). Education and the importance of religion in decision making: do other dimensions of religiousness matter? *Journal for the scientific study of religion*, 50(3), 570-587. doi: 10.1111/j.1468-5906.2011.01583.x
- Schoenhals, M., Tienda, M. et Schneider, B. (1998). The educational and personal consequences of adolescent employment. *Social forces*, 77(2), 723-761.
- Schunk, D. H. (1990). Goal setting and self-efficacy during self-regulated learning. *Educational psychologist*, 25(1), 71-86. doi: 10.1207/s15326985ep2501\_6
- Severiens, S. et Wolff, R. (2008). A comparison of ethnic minority and majority students: social and academic integration, and quality of learning. *Studies in higher education*, 33(3), 253-266. doi: 10.1080/03075070802049194
- Sharif, I. et Sargent, J. D. (2006). Association between television, movie, and video game exposure and school performance. *Pediatrics*, 118(4), e1061-1070. doi: 10.1542/peds.2005-2854
- Shephard, R. J. (1997). Curricular physical activity and academic performance. *Pediatric exercise science*, 9(2), 113-126.
- Singh, K. (1998). Part-time employment in high school and its effect on academic achievement. *The journal of educational research*, 91(3), 131-139. doi: 10.1080/00220679809597533
- Singh, R., Suri, J. C., Sharma, R., Suri, T. et Adhikari, T. (2018). Sleep pattern of adolescents in a school in Delhi, India: impact on their mood and academic performance. *The Indian journal of pediatrics*, 85(10), 841-848. doi: 10.1007/s12098-018-2647-7
- So, W. Y. (2013). Association between frequency of breakfast consumption and academic performance in healthy korean adolescents. *Iranian journal of public health*, 42(1), 25-32.

Société canadienne de physiologie de l'exercice. (2013). *La santé par la pratique d'activité physique-SCPE*. Ottawa, ON : Société canadienne de physiologie de l'exercice.

Spielberg, J. M., Galarce, E. M., Ladouceur, C. D., McMakin, D. L., Olino, T. M., Forbes, E. E., ... Dahl, R. E. (2015). Adolescent development of inhibition as a function of SES and gender: Converging evidence from behavior and fMRI. *Human brain mapping*, 36(8), 3194-3203.

Spielberger, C. D. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory: STAI (Form Y)*. Palo Alto, CA : Consulting Psychologists Press.

Stanislaw, H. et Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior research methods, instruments, & computers*, 31(1), 137-149.

St Clair-Thompson, H. L. et Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The quarterly journal of experimental psychology*, 59(4), 745-759. doi: 10.1080/17470210500162854

Stea, T. H. et Torstveit, M. K. (2014). Association of lifestyle habits and academic achievement in Norwegian adolescents: a cross-sectional study. *BMC public health*, 14(1), 829. doi: 10.1186/1471-2458-14-829

Stiglic, N. et Viner, R. M. (2019). Effects of screentime on the health and well-being of children and adolescents: a systematic review of reviews. *BMJ open*, 9(1), e023191. doi: 10.1136/bmjopen-2018-023191

Strauss, R. S. (2000). Childhood obesity and self-esteem. *Pediatrics*, 105(1), e15. doi: 10.1542/peds.105.1.e15

Stroebele, N., McNally, J., Plog, A., Siegfried, S. et Hill, J. O. (2013). The association of self-reported sleep, weight status, and academic performance in fifth-grade students. *Journal of school health*, 83(2), 77-84. doi: 10.1111/josh.12001

Suchert, V., Hanewinkel, R. et Isensee, B. (2016). Longitudinal relationships of fitness, physical activity, and weight status with academic achievement in adolescents. *Journal of school health*, 86(10), 734-741. doi: 10.1111/josh.12424

- Sutton, A. et Soderstrom, I. (1999). Predicting elementary and secondary school achievement with school-related and demographic factors. *The journal of educational research*, 92(6), 330-338. doi: 10.1080/00220679909597616
- Swanson, H. L. et Alloway, T. P. (2012). Working memory, learning, and academic achievement. Dans *APA educational psychology handbook, Vol 1: Theories, constructs, and critical issues*. (p. 327-366). Washington, DC, US : American Psychological Association.
- Syvaoja, H. J., Kankaanpaa, A., Kallio, J., Hakonen, H., Kulmala, J., Hillman, C. H., ... Tammelin, T. H. (2018). The relation of physical activity, sedentary behaviors, and academic achievement is mediated by fitness and bedtime. *Journal of physical activity & health*, 15(2), 135-143. doi: 10.1123/jpah.2017-0135
- Tamm, L., Menon, V., et Reiss, A. L. (2002). Maturation of brain function associated with response inhibition. *Journal of the american academy of child et adolescent psychiatry*, 41(10), 1231-1238.
- Thompson, M. A. et Gray, J. J. (1995). Development and validation of a new body-image assessment scale. *Journal of personality assessment*, 64(2), 258-269. doi: 10.1207/s15327752jpa6402\_6
- Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Tremblay, M. S., Dale, M., LeBlanc, A. G., Belanger, K., ... Leger, L. (2017). International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *British journal of sports medicine*, 51(21), 1545-1554. doi: 10.1136/bjsports-2016-095987
- Tremblay, M. S., Carson, V., Chaput, J. P., Connor Gorber, S., Dinh, T., Duggan, M., ... Zehr, L. (2016). Canadian 24-hour movement guidelines for children and youth: an integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 41(6 Suppl 3), S311-327. doi: 10.1139/apnm-2016-0151
- Vallerand, R. J. (1997). Toward a hierarchical model of intrinsic and extrinsic motivation. Dans *Advances in experimental social psychology*, Vol. 29 (p. 271-360). San Diego, CA, US : Academic Press.
- Vallerand, R. J., Blais, M. R., Brière, N. M. et Pelletier, L. G. (1989). Construction et validation de l'échelle de motivation en éducation (EME). *Canadian journal*

- of behavioural science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 21(3), 323.
- Van Ameringen, M., Mancini, C. et Farvolden, P. (2003). The impact of anxiety disorders on educational achievement. *Journal of anxiety disorders*, 17(5), 561-571.
- van Praag, H., Kempermann, G. et Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature neuroscience*, 2(3), 266-270. doi: 10.1038/6368
- Vaynman, S., Ying, Z. et Gomez-Pinilla, F. (2004). Hippocampal BDNF mediates the efficacy of exercise on synaptic plasticity and cognition. *European journal of neuroscience*, 20(10), 2580-2590. doi: 10.1111/j.1460-9568.2004.03720.x
- Vivar, C. et van Praag, H. (2017, Nov). Running changes the brain: the long and the short of it. *Physiology*, 32(6), 410-424. doi: 10.1152/physiol.00017.2017
- Voyer, D. et Voyer, S. D. (2014). Gender differences in scholastic achievement: a meta-analysis. *Psychological bulletin*, 140(4), 1174-1204. doi: 10.1037/a0036620
- Walsh, J. J., Barnes, J. D., Cameron, J. D., Goldfield, G. S., Chaput, J.-P., Gunnell, K. E., ... Tremblay, M. S. (2018). Associations between 24 hour movement behaviours and global cognition in US children: a cross-sectional observational study. *The lancet child & adolescent health*, 2(11), 783-791. doi: 10.1016/S2352-4642(18)30278-5
- Wolfson, A. R., et Carskadon, M. A. (1998). Sleep schedules and daytime functioning in adolescents. *Child development*, 69(4), 875-887.
- World Health Organization. (2010). *Global recommendations on physical activity for health*.  
Récupéré de  
[https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet\\_young\\_people/en/](https://www.who.int/dietphysicalactivity/factsheet_young_people/en/)
- Yan, H., Zhang, R., Oniffrey, T. M., Chen, G., Wang, Y., Wu, Y., ... Moore, J. B. (2017). Associations among screen time and unhealthy behaviors, academic performance, and well-being in chinese adolescents. *International journal of environmental research and public health*, 14(6). doi: 10.3390/ijerph14060596

- Zimmerman, B. J. (1989). A social cognitive view of self-regulated academic learning. *Journal of educational psychology*, 81(3), 329-339. doi: 10.1037/0022-0663.81.3.329
- Zimmerman, B. J., Bandura, A. et Martinez-Pons, M. (1992). Self-motivation for academic attainment: the role of self-efficacy beliefs and personal goal setting. *American educational research journal*, 29(3), 663-676.
- Zimmerman, B. J. et Martinez-Pons, M. (1990). Student differences in self-regulated learning: relating grade, sex, and giftedness to self-efficacy and strategy use. *Journal of educational psychology*, 82(1), 51.
- Zimmerman, B. J. et Pons, M. M. (1986). Development of a structured interview for assessing student use of self-regulated learning strategies. *American educational research journal*, 23(4), 614-628.