

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'APPRENTISSAGE PHYSIQUEMENT ACTIF: UN OUTIL EN SOUTIEN AU DÉVELOPPEMENT GLOBAL  
DES ENFANTS AYANT OU NON UN DIAGNOSTIC DU TROUBLE DE DÉFICIT DE L'ATTENTION AVEC  
OU SANS HYPERACTIVITÉ

THÈSE  
PRÉSENTÉE  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DU DOCTORAT EN BIOLOGIE EXTENSIONNÉ DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

PAR  
LAURIE SIMARD

MAI 2024



## REMERCIEMENTS

Au terme de ce parcours doctoral, je tiens à exprimer toute ma gratitude envers celles et ceux qui ont contribué à cet accomplissement. Mes remerciements vont d'abord à mes directeurs de thèse pour leur accompagnement, leur disponibilité, leur bienveillance et leurs conseils éclairés, qui ont été cruciaux dans le développement de mes idées et la conduite de mes recherches. Vous avez su défaire les barrières et mettre sur mon chemin tous les facilitateurs nécessaires pour rendre mon parcours agréable et productif. Tommy, au-delà de ton rôle de directeur, tu as été et tu restes un mentor. Tes qualités humaines, ton écoute empathique et ton habileté à tisser des solides collaborations m'inspirent à mener des recherches collaboratives et intersectorielles permettant de mieux comprendre et répondre aux besoins des acteurs de terrain. Martin, merci de rendre la recherche synonyme de plaisir et de démontrer par l'exemple que l'assiduité, la rigueur et la passion combinées permettent de produire des connaissances pertinentes et innovantes.

Je tiens également exprimer ma gratitude à Julie, ta bienveillance et ton expertise ont été essentiels pour la réussite de ce projet. Tu m'as démontré que la collaboration intersectorielle est nécessaire et qu'il est possible de briser les silos sectoriels pour faire émerger des solutions adaptées aux réalités du terrain. Merci aussi à Yannick qui s'est joint à l'équipe lorsque nous avons eu l'ambition d'amener Cogni-Actif à un autre niveau et d'en faire un jeu sérieux. Je remercie également la direction et toute l'équipe du Centre de services scolaire du Lac-Saint-Jean. Un grand merci tout particulièrement aux enseignantes et aux enseignants qui se sont impliqués activement dans le projet. Merci également à Jérôme, qui a agi comme facilitateur nous permettant de réaliser l'impossible; lancer l'expérimentation en pleine pandémie. Un merci également à toutes les étudiantes et les étudiants qui ont collaboré au projet, vous avez été nombreux et essentiels. Un merci particulier à Mathieu, qui réussit toujours à relever les défis techniques avec brio et créativité. Merci également au jury d'évaluation pour la profondeur de leurs rétroactions et leurs commentaires constructifs qui ont enrichi mon travail et contribuer à mon parcours académique.

Sur un plan plus personnel, un immense merci à ma famille pour son soutien et ses encouragements constants, qui ont été ma source de motivation tout au long de ce parcours. Merci !

## DÉDICACE

À Rosalie, Florence, Maxim, Vincent, Jordan, Émy et Éliane,  
je vous dédie cette thèse avec tout mon amour.



## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	iii
DÉDICACE .....	iv
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES TABLEAUX .....	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	xii
LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS .....	xiii
RÉSUMÉ.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	1
0.1 La structure de la thèse.....	2
CHAPITRE 1 LE CADRE CONCEPTUEL.....	4
1.1 Le concept du DGE .....	4
1.1.1 Le modèle du DGE.....	5
CHAPITRE 2 LE CADRE THÉORIQUE.....	7
2.1 Le TDAH chez les enfants d'âge scolaire .....	7
2.1.1 La prévalence .....	7
2.1.2 Le diagnostic .....	8
2.1.3 L'étiologie.....	9
2.1.4 L'influence du TDAH sur le DGE .....	9
2.1.5 Les conditions associées .....	13
2.1.6 Les traitements usuels et les approches thérapeutiques complémentaires ou alternatives.....	14
2.2 L'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire.....	14
2.2.1 La prévalence .....	14
2.2.2 Les conséquences de l'inactivité physique .....	16
2.2.3 Les bénéfices de la pratique d'AP sur le DGE .....	16
2.2.4 Les mesures pour augmenter le niveau d'AP chez les enfants d'âge scolaire.....	22
2.3 Les fondements théoriques du développement de l'outil.....	24
2.3.1 L'intervention universelle pour soutenir le développement global de tous les enfants.....	24
2.3.2 L'intégration d'activité physique en classe, une solution prometteuse.....	25
2.3.3 La synthèse des fondements théoriques de la conception de l'outil .....	29
2.4 Le résumé de la problématique et les objectifs.....	30
2.4.1 Les objectifs de la thèse .....	30

CHAPITRE 3	LE CADRE MÉTHODOLOGIQUE.....	32
3.1.1	Le devis .....	32
3.1.2	L'éthique .....	32
3.1.3	Le recrutement des participants.....	32
3.1.4	Les procédures.....	34
3.1.5	Les analyses statistiques.....	36
CHAPITRE 4	LES BIENFAITS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES ENFANTS AYANT UN TDAH. UNE REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE.....	37
4.1	Résumé.....	38
4.2	Introduction .....	39
4.3	Méthodologie.....	41
4.4	Résultats.....	43
4.4.1	Les effets de la pratique prolongée d'AP.....	43
4.3.2	Les effets de la pratique ponctuelle d'AP.....	51
4.3.3	Similitudes et différences entre les études recensées .....	52
4.4	Discussion.....	58
4.4.1	Pratique ponctuelle d'AP .....	58
4.4.2	Pratique prolongée d'AP.....	59
4.4.3	Comparaison avec la littérature scientifique.....	60
4.4.4	Limitations des études incluses dans la revue systématique .....	60
4.4.5	Limitations inhérentes à la revue systématique.....	61
4.5	Conclusion.....	62
4.6	Contributions des auteurs.....	64
4.7	Financement.....	64
4.8	Approbation éthique et consentement à participer.....	64
4.9	Consentement pour publication .....	64
4.10	Intérêts concurrents.....	64
CHAPITRE 5	PROMOTING PHYSICAL ACTIVITY AND ACADEMIC ACHIEVEMENT THROUGH PHYSICALLY ACTIVE LEARNING: QUALITATIVE PERSPECTIVES OF CO-DESIGN AND IMPLEMENTATION PROCESSES.....	65
5.1	RÉSUMÉ.....	66
5.2	ABSTRACT.....	67
5.3	Introduction .....	68
5.3.1	The PAL programs.....	68
5.3.2	Objective.....	69
5.4	Theory .....	69
5.5	Material and methods.....	71
5.5.1	Research Design.....	71
5.5.2	Ethics.....	71

5.5.3	Sampling, recruitment, and participants .....	72
5.5.4	Instruments to assess the PAL program’s implantation .....	73
5.5.5	Procedures .....	77
5.5.6	Data handling and analysis .....	81
5.6	Results .....	83
5.6.1	Objective #1: Co-designing a PAL program.....	83
5.6.2	Objective #2: Implementing the PAL program in elementary schools .....	86
5.7	Discussion.....	93
5.7.1	Practical implications .....	93
5.7.2	Limitations .....	95
5.7.3	Future research.....	95
5.8	Conclusion.....	96
5.9	Acknowledgements.....	97
5.10	Author Contribution.....	97
5.10	Appendix A .....	98
5.11	Appendix B .....	99
5.12	Appendix C .....	100

CHAPITRE 6    ENHANCING CHILD DEVELOPMENT THROUGH A PHYSICALLY ACTIVE LEARNING PROGRAM TO MITIGATE THE IMPACT OF PHYSICAL INACTIVITY AND ADHD SYMPTOMS: A CROSSOVER TRIAL                    101

6.1	Résumé.....	102
6.2	Abstract.....	103
6.3	Background .....	104
6.4	Method.....	105
6.4.1	Research Design.....	105
6.4.2	Ethics Approval .....	106
6.4.3	Interventions.....	107
6.4.4	Measures.....	109
6.4.5	Procedures.....	111
6.4.6	Data Analysis.....	111
6.5	Results .....	112
6.5.1	Child Characteristics.....	112
6.5.3	Intervention Effects .....	113
6.6	Discussion.....	115
6.6.1	Impact of PAL intervention on domains of child development.....	118
6.6.2	Influence of PA levels.....	118
6.6.3	Influence of ADHD diagnosis.....	119
6.6.4	Strengths, limitations and implications for further research .....	120
6.7	Data availability.....	121

6.8	List of abbreviations .....	121
6.9	Declarations .....	121
6.9.1	Ethics approval and consent to participate .....	121
6.9.2	Consent for publication .....	121
6.9.3	Conflict of Conflicts of Interest .....	121
6.9.4	Funding .....	122
6.9.5	Author Contribution Statement.....	122
6.9.6	Acknowledgment.....	122
CHAPITRE 7	DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSION .....	123
7.1	La synthèse des résultats .....	123
7.1.1	Les bienfaits de la pratique d’AP sur le DGE chez les enfants ayant un TDAH .....	123
7.1.2	La conception et le déploiement d’un outil d’APA dans le cadre scolaire .....	125
7.1.3	L’efficacité de l’outil d’APA pour soutenir le DGE.....	128
7.2	Les implications pratiques.....	132
7.3	Les réflexions méthodologiques et les pistes de recherches futures .....	135
7.4	Un regard rétrospectif (post-soutenance) .....	137
7.4.1	Le projet Cogni-Actif : une recherche-action ou une recherche-développement ?.....	137
7.4.2	La posture épistémologique et les approches méthodologiques.....	138
ANNEXE A	CERTIFICATION ÉTHIQUE .....	140
BIBLIOGRAPHIE.....		141

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 Modèle du DGE.....	6
Figure 4.1 Diagramme de flux PRISMA.....	44
Figure 4.2 Études traitant des effets de la pratique d'activité physique sur les domaines du développement global .....	44
Figure 5.1 Co-design Timeline (phase 1) .....	78
Figure 5.2 Implementation Timeline (phase 2) .....	78
Figure 5.3 Ratou .....	85
Figure 6.1 Timeline intervention .....	106
Figure 6.2 The double-diamond model used to develop Cogni-Actif .....	108
Figure 6.3 Ratou .....	108
Figure 6.4 Participant flow Diagram.....	112

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 4.1 Critères d’inclusion et d’exclusion des études .....	42
Tableau 4.2 Données démographiques (pratique prolongée) .....	46
Tableau 4.3 Descriptions des modalités d’interventions (pratique prolongée) .....	47
Tableau 4.4 Batterie de tests (pratique prolongée).....	48
Tableau 4.5 Données démographiques (pratique ponctuelle) .....	53
Tableau 4.6 Descriptions des modalités d’interventions (pratique ponctuelle).....	54
Tableau 4.7 Batterie de tests (pratique ponctuelle) .....	55
Table 5.1 Key Elements from Three Foundation Programs leading to Cogni-Actif.....	72
Table 5.2 Study participants (N = 89) .....	73
Table 5.3 The Structure of the Focus Group .....	76
Table 5.4 Co-design planification .....	79
Table 5.5 Academic lessons themes.....	81
Table 5.6 Sequence of Cogni-Actif Lessons .....	82
Table 5.7 Physical Movements of the PAL Program.....	83
Table 5.8 The Semi-directed Interviews Guide for Teachers .....	98
Table 5.9 The Focus Group Discussion Guide for Students.....	99
Table 5.10 User Feedback Grid.....	100
Table 6.1 Cogni-Actif activity sequence .....	109
Table 6.2 Characteristics of Participants at Baseline (T0) .....	114
Table 6.3 Means, Standard Deviations, and Mean Difference Across Groups for Child Development Domains.....	116

## LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ANCOVA	Analyse de la covariance
AP	Activité(s) physique(s)
APA	Apprentissage physiquement actif
BDNF	facteurs neurotrophiques dérivés du cerveau " <i>brain-derived neurotrophic factor</i> "
CSSLSJ	Centre de services scolaire du Lac-Saint-Jean
DGE	Développement global de l'enfant
EPS	Éducation physique et de santé
HMF	Habiletés motrices fondamentales
IMSE	Indice de milieu socio-économique
MNT	Maladies non transmissibles
OMS	Organisation mondiale de la santé
TDAH	Trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité
UQAC	Université du Québec à Chicoutimi
VO <sub>2</sub> max	Consommation maximale en oxygène

## LISTE DES SYMBOLES ET DES UNITÉS

INT\$	Dollars internationaux (unité monétaire artificielle utilisée dans le contexte de la recherche en économie et en santé mondiale)
$\text{mlO}_2/\text{kg}/\text{min}$	Unité de mesure utilisée pour quantifier la consommation maximale d'oxygène, aussi connue sous le nom de $\text{VO}_2\text{max}$ .

## RÉSUMÉ

Cette thèse aborde deux enjeux susceptibles d'entraver le développement global des enfants d'âge scolaire : le manque d'activité physique et la présence d'un trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH). Ces problématiques sont majeures en raison de leur forte prévalence et de leur influence négative sur la trajectoire du développement cognitif, physique et moteur, affectif, social et langagier des enfants, augmentant ainsi leur risque de présenter des vulnérabilités dans un ou plusieurs de ces domaines. Face à ces défis, l'intégration de l'activité physique en milieu scolaire, et plus spécifiquement l'apprentissage physiquement actif en classe, est une approche prometteuse. Cependant, peu d'études ont documenté les effets de cette approche sur le développement global de l'enfant. De plus, il existe peu de ressources pour les enseignantes et les enseignants leur permettant d'intégrer facilement cette approche en classe, notamment dans les milieux francophones. Cette thèse vise donc à concevoir un outil d'apprentissage physiquement actif adapté au contexte scolaire, en collaboration avec des enseignantes et enseignants, et à évaluer son efficacité sur le développement global des enfants avec ou sans TDAH. Le premier article de la thèse est une revue systématique de la littérature qui récence les bénéfices de l'activité physique sur le développement global des enfants ayant un TDAH. Il démontre une influence positive sur les cinq domaines du développement global de l'enfant, avec un effet marqué sur le développement des fonctions cognitives et de la motricité, en plus d'atténuer les symptômes d'inattention et d'hyperactivité. Le deuxième article décrit et analyse le processus de cocréation de l'outil d'apprentissage physiquement actif et de sa mise en place dans quatre classes de 4<sup>e</sup> année (N = 7 enseignants et 82 élèves). Les résultats soulignent le potentiel de l'outil d'apprentissage physiquement actif et l'importance des enseignantes et des enseignants dans le processus de co-construction. Le troisième article se concentre sur l'évaluation de l'efficacité de l'outil d'apprentissage physiquement actif, en analysant l'influence du niveau d'activité physique et d'un diagnostic de TDAH sur l'efficacité de l'outil. En somme, la thèse met en lumière l'importance de l'activité physique pour le développement global des enfants, en particulier ceux atteints de TDAH, et propose une solution concrète pour intégrer l'activité physique dans le milieu scolaire à travers l'apprentissage physiquement actif.

### **Mots clés :**

Apprentissage physiquement actif, Développement global de l'enfant, Inactivité physique, TDAH

## ABSTRACT

This thesis addresses two major issues that can hinder the overall development of school-aged children: a lack of physical activity and the presence of attention deficit disorder with or without hyperactivity (ADHD). These issues are significant due to their high prevalence and their negative influence on the trajectory of cognitive, physical, motor, affective, social, and linguistic development in children, thereby increasing their risk of vulnerabilities in one or more of these areas. In response to these challenges, the integration of physical activity in schools, and more specifically physically active learning in the classroom, is a promising approach. However, few studies have documented the effects of this approach on the overall development of the child. Moreover, there are few resources available for teachers to easily integrate this approach into the classroom, especially in French-speaking environments. This thesis aims to design a physically active learning tool adapted to the school context, in collaboration with teachers, and to evaluate its effectiveness on the overall development of children. The first article of the thesis is a systematic review of the literature that lists the benefits of physical activity on the overall development of children with ADHD. It demonstrates a positive influence on the five areas of the child's overall development, with a marked effect on the development of cognitive functions and motor skills, in addition to mitigating symptoms of inattention and hyperactivity. The second article describes and analyzes the process of co-creation of the physically active learning tool and its implementation in four 4th grade classes (N = 7 teachers and 82 students). The results highlight the potential of the physically active learning tool and the importance of teachers in its co-construction process. The third article focuses on the evaluation of the effectiveness of the physically active learning tool, analyzing the influence of the level of physical activity and a diagnosis of ADHD on the effectiveness of the tool. In summary, the thesis has highlighted the importance of physical activity for the overall development of children, particularly those with ADHD, and proposes a concrete solution to integrate physical activity into the school environment through physically active learning.

### **Keywords:**

ADHD, Overall child development, Physically active learning, Physical inactivity

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'enfance est une période déterminante au cours de laquelle les jeunes construisent activement leur propre compréhension du monde qui les entoure, à travers de multiples expériences et apprentissages (Saracho, 2023). Les connaissances acquises et les habiletés fondamentales développées pendant cette période jouent un rôle essentiel pour favoriser l'épanouissement et permettre aux enfants d'atteindre leur plein potentiel. Ces habiletés, qu'elles soient cognitives (Milani et al., 2022), physiques et motrices (Newell, 2020), sociales (Halle et Darling-Churchill, 2016), affectives (Harrington et al., 2020) ou langagières (Ebert, 2020), interagissent et se renforcent mutuellement (Diamond, 2007), contribuant ainsi au processus de développement global de l'enfant (DGE).

Pour favoriser le DGE, il est essentiel de fournir aux jeunes des environnements stimulants et des occasions d'apprentissage diversifiées pour leur permettre de développer les compétences nécessaires pour s'adapter, apprendre et s'épanouir tout au long de leur vie (Ball et al., 2019; Burger, 2010; Ministère de l'Éducation, 2021). Il convient également de prendre en considération les enjeux susceptibles d'entraver la trajectoire du DGE, tels que la présence d'un trouble neurodéveloppemental (Lipkin et al., 2020) ou encore le manque de stimulation comportementale (Barros et al., 2010). Cette thèse se concentre sur deux problématiques qui s'y rapportent et qui sont d'une importance capitale, compte tenu de leur forte prévalence et de l'impact significatif qu'elles ont sur le DGE : le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) et l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire (5 à 17 ans). Afin de réduire l'influence de ces deux problématiques et d'avoir un effet positif sur le DGE, il est indispensable de développer des interventions efficaces en mobilisant toutes les personnes impliquées, notamment les chercheurs et chercheuses, les enseignantes et enseignants, les parents et les enfants (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020).

Dans cette optique, cette thèse adopte une approche multidisciplinaire et collaborative visant à concevoir et évaluer un outil favorisant la pratique d'activités physiques (AP) à l'école et soutenant le DGE chez tous les élèves, qu'ils soient atteints ou non de TDAH. La conception de cet outil s'appuie sur les plus récentes avancées scientifiques et les besoins spécifiques des enfants dans le contexte scolaire. Ce projet de recherche mobilise donc l'expertise de disciplines clés telles que la kinésiologie, l'éducation, la neuropsychologie et les arts numériques. En impliquant des chercheurs et chercheuses et des enseignantes et enseignants du primaire, ce projet vise à proposer une solution concrète et facilement déployable dans les établissements scolaires du Québec (Daly-Smith et al., 2021).

Cette solution, combinant AP et apprentissages, offre aux enfants un cadre stimulant où ils peuvent apprendre tout en étant actifs. Bien qu'elle soit particulièrement pertinente pour les enfants ayant un TDAH, cette solution permet à tous les enfants de bénéficier des bienfaits reconnus de l'AP pour leur santé, leur bien-être et leur réussite scolaire.

## 0.1 La structure de la thèse

Cette thèse présente une structure composée de trois articles scientifiques, chacun axé sur l'un des objectifs principaux de la recherche, ainsi que de quatre chapitres de transition. L'ensemble de ces éléments forme un cheminement logique présentant d'abord les cadres conceptuels, théoriques et méthodologiques de l'étude suivi par l'introduction de l'outil au cœur de cette thèse : le programme Cogni-Actif. Cette présentation inclut les processus liés à son co-développement et son implantation en milieu scolaire, ainsi que les résultats d'évaluation de son efficacité pour soutenir le développement global des enfants, qu'ils aient ou non un TDAH.

Le premier chapitre établit le contexte de la recherche et met en lumière les enjeux sociaux et scientifiques qui ont motivé l'étude, à savoir le TDAH et l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire, ainsi que leurs effets respectifs sur le DGE. L'importance de ces problématiques est décrite, soulignant la nécessité de développer des interventions universelles et efficaces pour promouvoir la pratique d'AP et soutenir le développement global chez tous les enfants, y compris ceux ayant un diagnostic de TDAH.

Le deuxième chapitre expose les fondements qui sous-tendent la conception du programme Cogni-Actif. Ce chapitre vise à présenter en détail les bases théoriques qui ont guidé la création de cet outil, mettant en évidence son importance et sa pertinence dans le contexte de la recherche.

Le troisième chapitre expose les objectifs de recherche et le cadre méthodologique de la thèse qui se situe à l'intersection de la recherche-action portant sur le développement et l'évaluation de programmes pour promouvoir la pratique d'AP en milieu scolaire. Ce chapitre expose en détail l'approche adoptée, tout en apportant une justification des choix de conception de l'étude. Cette démarche vise à atteindre les objectifs préalablement définis et à fournir des réponses aux questions de recherche identifiées.

Le quatrième chapitre de la thèse, qui correspond au premier article scientifique publié de cette thèse, met en évidence les effets positifs de la pratique d'AP sur les cinq domaines du DGE, chez les enfants atteints de TDAH. En s'appuyant sur des recherches antérieures, cet article contribue à l'enrichissement

des preuves empiriques actuelles étayant les effets bénéfiques de l'AP, qu'elle soit pratiquée de façon ponctuelle ou prolongée.

Le cinquième chapitre, correspondant au deuxième article scientifique publié de cette thèse, décrit le processus de co-développement et de déploiement de l'outil en classe, en mettant l'accent sur la perception des participants, notamment les élèves et les enseignantes titulaires. Cet article qualitatif se concentre sur la conception et la validation de l'outil. Les différentes étapes de co-développement sont détaillées, soulignant la collaboration étroite entre les chercheurs et chercheuses et les enseignantes et enseignants tout au long du processus. Les caractéristiques clés de l'outil y sont également présentées, ainsi que les réactions des enseignantes titulaires et des élèves à son utilisation en classe. Des perspectives d'utilisation futures sont ensuite explorées, mettant en évidence les aspects de l'outil où des améliorations pourront être apportées.

Le sixième chapitre, correspondant au troisième article scientifique soumis et en cours d'évaluation, évalue l'efficacité de l'outil et mesure son impact sur les différents domaines du DGE. Les résultats de cette évaluation quantitative mettent en évidence l'impact de l'outil sur les symptômes du TDAH et sur les différentes variables liées au DGE. Ces résultats fournissent des informations précieuses sur l'utilité de l'outil et soutiennent son utilisation pour favoriser le développement des enfants, qu'ils soient atteints de TDAH ou non.

Le septième chapitre clôt la thèse en réalisant d'abord une synthèse des chapitres précédents. Les trois articles scientifiques présentés dans la thèse contribuent à nourrir une discussion générale visant à approfondir la réflexion sur l'intégration d'AP en milieu scolaire comme stratégie d'apprentissage. Enfin, ce chapitre aborde les forces et les limites de cette recherche avant de définir les pistes d'orientations futures de recherche.

# CHAPITRE 1

## LE CADRE CONCEPTUEL

Ce chapitre a pour objectif d'introduire les concepts clés nécessaires à une meilleure compréhension des enjeux abordés dans cette thèse. Dans un premier temps, la notion du DGE est présentée, mettant en évidence sa portée et son importance dans le contexte de cette recherche. Cette compréhension approfondie du DGE servira de fondement pour l'analyse ultérieure des problématiques abordées. Ensuite, l'attention est portée sur deux enjeux majeurs au cœur de cette thèse, à savoir le TDAH et l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire. Les caractéristiques et les conséquences de ces problématiques sont examinées, soulignant leur prévalence préoccupante et leur impact sur le DGE. Comprendre l'ampleur de ces enjeux est essentiel pour saisir l'importance de la recherche menée et l'urgence d'agir pour y remédier. Enfin, des pistes de solutions sont exposées, rappelant les avantages de la pratique d'AP pour favoriser le développement global de tous les enfants, y compris ceux qui sont touchés par le TDAH. Cette approche basée sur des preuves scientifiques constitue un cadre essentiel pour la conception de l'outil proposé dans cette thèse.

### 1.1 Le concept du DGE

Les enfants sont l'avenir de notre société et il est de notre responsabilité collective de leur fournir les outils nécessaires pour acquérir les compétences académiques, comportementales et socio-émotionnelles essentielles à leur réussite (Campbell et al., 2002). En soutenant le développement du plein potentiel de chaque enfant, nous contribuons à façonner une société équitable, prospère et durable, tout en réduisant les coûts sociaux et économiques associés à la criminalité, aux problèmes de santé, à l'échec scolaire et au chômage (Duncan et Magnuson, 2013; Erskine et al., 2016; Torgersen, 2019). En effet, investir dans le développement des enfants est crucial pour améliorer leur réussite scolaire et leur insertion professionnelle à l'âge adulte, leur permettant ainsi de se bâtir un avenir prometteur (Heckman, 2006; Kautz et al., 2014).

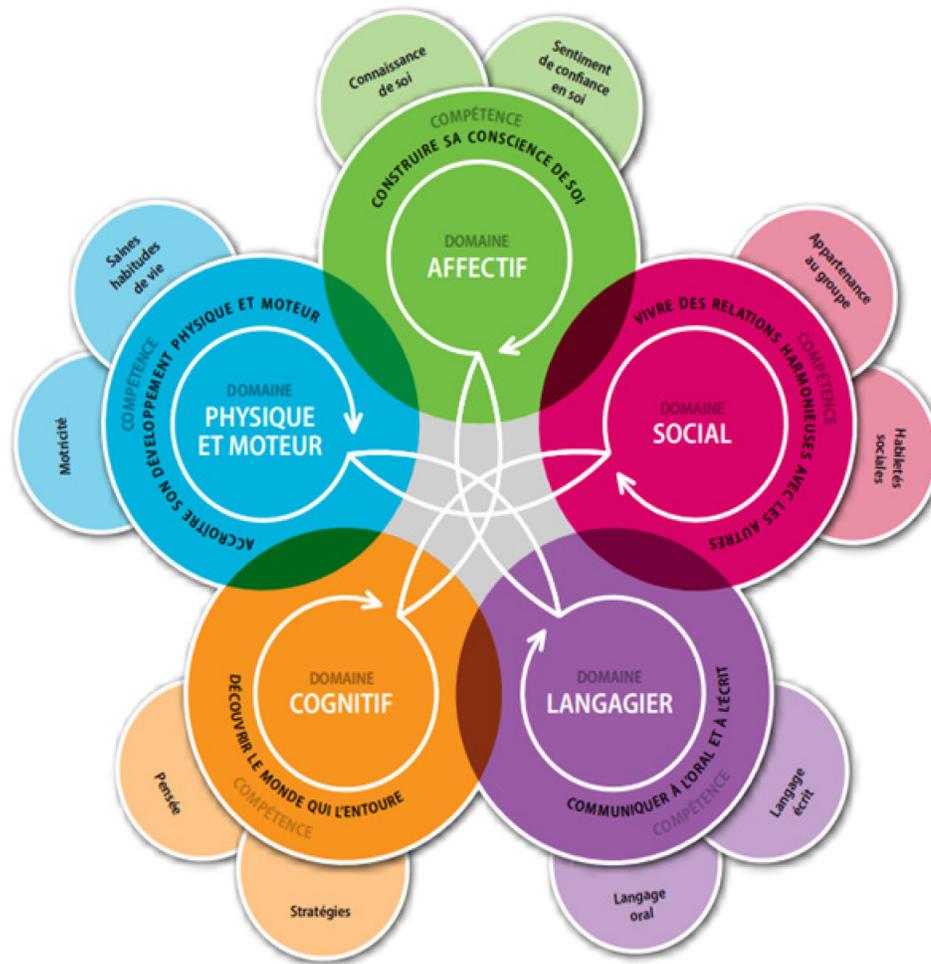
Pour développer leur plein potentiel, les enfants doivent être stimulés et bénéficier d'occasions d'apprentissage de qualité dans des environnements propices à leur épanouissement (Ministère de l'Éducation, 2023b). Des études ont démontré que les expériences vécues par les enfants façonnent leur identité, laissant une empreinte durable sur leurs prédispositions génétiques (Barreto-Zarza et Arranz-Freijo, 2022; Linnér et Almgren, 2020). Ces expériences sont également déterminantes pour leur réussite

éducative (Barros et al., 2010; Shonkoff et al., 2012), leur santé (Wakschlag et al., 2019) et leur bien-être émotionnel et social (Srivastav et al., 2020). Par exemple, les relations affectives significatives, stables et chaleureuses ainsi que le soutien des adultes qui entourent l'enfant sont des facteurs de protection essentiels pour promouvoir un développement harmonieux (Srivastav et al., 2020). Un environnement émotionnellement sécurisant et des interactions positives avec des adultes bienveillants favorisent notamment l'estime de soi et les compétences sociales des enfants (Sow et al., 2022).

Malheureusement, de nombreux enfants ne bénéficient pas du soutien approprié pour favoriser leur développement, ce qui les expose, entre autres, à des difficultés scolaires (Heckman, 2006). Les enfants issus de milieux défavorisés sont particulièrement vulnérables, car ils ont souvent moins d'occasions pour développer les compétences du DGE (Bergeron-Gaudin et al., 2022; Burger, 2010; Campbell et al., 2002; Duncan et Magnuson, 2013). Au Québec, plus d'un quart (27,7 %) des enfants présentent des vulnérabilités dans au moins un domaine du DGE lorsqu'ils entrent à l'école, soulignant ainsi la nécessité d'offrir des interventions soutenant leur développement au-delà de la petite enfance (Simard et al., 2018).

#### 1.1.1 Le modèle du DGE

Le DGE est un concept clé qui occupe une place centrale dans la recherche scientifique sur l'enfance, faisant l'objet d'études dans diverses disciplines telles que l'éducation (Bouchard, 2019), la neurobiologie (Wheeler et Dillman Taylor, 2016), la psychomotricité (Bernier, 2022), la psychologie (Saracho, 2023), la sociologie (Cattan et al., 2022) et même l'économie (Attanasio et al., 2022). Ce concept s'appuie sur l'idée fondamentale selon laquelle les enfants se développent de manière simultanée et interdépendante dans plusieurs domaines : cognitif, physique et moteur, social, affectif et langagier (Bouchard, 2019). Chacun de ces domaines comporte un ensemble de compétences interagissant ensemble pour influencer la trajectoire du DGE (Ministère de l'Éducation, 2023b; Ministère de la Famille, 2014). La figure 1.1, développée par le Ministère de l'Éducation (2023b), présente de manière graphique le modèle du DGE, mettant en évidence les interactions entre ces cinq domaines. Sans prétendre à l'exhaustivité, cette représentation visuelle offre un aperçu des compétences cibles et des axes de développement de chaque domaine. Ce modèle est largement utilisé dans les publications de l'Institut nationale de la santé publique (Bergeron-Gaudin et al., 2022), ainsi que par les différents ministères du gouvernement du Québec, tels que le ministère de la Famille et le ministère de la Santé et des Services sociaux (Ministère de l'Éducation, 2023b).



© Ministère de l'Éducation, 2023

Figure 1.1 Modèle du DGE

Il est important de souligner qu'il existe plusieurs représentations de ce modèle, certaines fusionnant le domaine social et le domaine affectif (Bergeron-Gaudin et al., 2022), d'autres ajoutant une dimension morale au domaine social (Ministère de la Famille, 2014), ou encore combinant les domaines cognitif et langagier (Janus et al., 2023; Simard et al., 2018), voire intégrant les axes santé et du bien-être au domaine physique et moteur (Simard et al., 2018). Bien que différentes variations puissent exister, toutes ces représentations permettent de considérer le DGE comme un concept holistique où les domaines interagissent et s'influencent mutuellement (Diamond, 2007). Afin de maintenir une cohérence et une uniformité méthodologique, le modèle à cinq domaines précédemment introduit sera systématiquement employé comme le cadre conceptuel de référence dans l'ensemble des articles constituant cette thèse.

## CHAPITRE 2

### LE CADRE THÉORIQUE

Maintenant que le modèle du DGE est clairement défini, il est temps d'approfondir l'étude des deux problématiques abordées dans cette thèse : le TDAH et l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire. Une exploration approfondie de ces deux aspects clé permettra de mieux appréhender leur influence sur le DGE afin de mieux saisir leur impact et identifier les mesures nécessaires pour favoriser un développement harmonieux chez les enfants. Le TDAH chez les enfants d'âge scolaire. La prévalence

Le TDAH est un trouble neurodéveloppemental qui affecte un pourcentage significatif de la population mondiale, avec une prévalence estimée à 5,9 % chez les enfants (Faraone et al., 2021). Au Canada, la prévalence du TDAH chez les jeunes âgés de 4 à 17 ans est estimée à 8,6 % (Espinete et al., 2022), tandis qu'au Québec, elle varie entre 6,9 % et 16,6 % selon les régions, atteignant près de 15 % dans la région étudiée, le Saguenay—Lac-St-Jean (INSPQ, 2019). De plus, le TDAH est un trouble chronique qui a tendance à persister, avec une prévalence mondiale de 2,8 % à l'âge adulte, ce qui représente un poids considérable pour la santé publique. En effet, le TDAH entraîne des coûts annuels estimés à plus de 100 milliards de dollars (Faraone et al., 2021; Song et al., 2021).

Chez les enfants et les adolescents, le TDAH semble toucher davantage les garçons que les filles, avec un ratio garçon-fille pouvant même aller jusqu'à 4 garçons pour 1 filles. (American Psychiatric Association [APA], 2015; Faraone et al., 2015). Cette différence de prévalence peut toutefois être attribuée à la prédominance des symptômes d'hyperactivité chez les garçons, tandis que les filles présentent généralement une prédominance de symptômes d'inattention, qui sont souvent moins détectés et diagnostiqués (APA, 2015; Faraone et al., 2015). À l'âge adulte, les symptômes d'hyperactivité ont tendance à s'estomper et la disparité entre les sexes en termes de prévalence du TDAH diminue presque complètement. Cela peut être dû à des différences dans la manifestation des symptômes et à des mécanismes de compensation qui se développent avec l'âge (Faraone et al., 2015; Wolraich et al., 2019).

La prévalence du TDAH peut également varier selon la région géographique et les méthodes de recensement utilisées (Polanczyk et al., 2014; Xu et al., 2018). Toutefois, on constate une stabilité des taux de prévalence estimés au fil du temps lorsque des procédures diagnostic standardisées sont utilisées (Polanczyk et al., 2014). En effet, aucune augmentation réelle des cas de TDAH n'a été observée entre

1985 et 2012, et ce malgré une augmentation de la pression culturelle et des attentes sociales envers les enfants (Polanczyk et al., 2014).

### 2.1.2 Le diagnostic

Le diagnostic du TDAH est établi selon les critères de la 5<sup>e</sup> édition du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5). En somme, pour qu'un individu soit diagnostiqué avec le TDAH, il doit présenter des symptômes d'hyperactivité, d'impulsivité ou d'inattention depuis au moins six mois (American Psychiatric Association [APA], 2015). Ces symptômes doivent avoir un impact négatif direct sur les activités sociales et scolaires ou professionnelles de l'individu. De plus, ces symptômes doivent être plus prononcés que ceux attendus compte tenu du niveau de développement de l'enfant et doivent être présents dans au moins deux contextes de vie différents, tels que l'école, le travail ou la maison (APA, 2015).

Les symptômes d'inattention se manifestent par des difficultés à maintenir l'attention, à suivre des instructions, à organiser les tâches et à terminer les activités. Les symptômes d'hyperactivité se traduisent par une agitation motrice excessive, des difficultés à rester assis et à attendre son tour, et par une tendance à parler de manière excessive. Enfin, les symptômes d'impulsivité se caractérisent par des comportements impromptus et une difficulté à se retenir (APA, 2015).

Pour faciliter le diagnostic, les professionnels de la santé peuvent utiliser différents outils pour évaluer les symptômes et les comportements, tels que des grilles d'entrevue ou des échelles diagnostiques complétés par l'enfant, les parents, ou les enseignants (Faraone et al., 2015). Ces outils permettent de recueillir des informations sur les symptômes et les comportements liés au TDAH dans différents contextes de vie. Des tests neuropsychologiques peuvent également être utilisés pour fournir une évaluation plus approfondie des capacités cognitives et des fonctions exécutives, souvent affectées chez les personnes atteintes de TDAH. Ces tests aident à soutenir le diagnostic, à orienter vers la meilleure intervention thérapeutique et à minimiser les erreurs diagnostic (Wolraich et al., 2019).

En effet, plusieurs troubles concomitants et facteurs psychosociaux peuvent contribuer aux symptômes d'inattention et d'hyperactivité/impulsivité et ainsi, engendrer un mauvais diagnostic (Sciutto et Eisenberg, 2007). Par exemples, le stress, l'anxiété, la dépression, les difficultés familiales, les traumatismes individuels ou encore l'immaturation développementale peuvent influencer le comportement et présenter des symptômes qui peuvent être confondus avec ceux du TDAH (Commission permanente de la santé et

des services sociaux, 2020; Michaëlsson et al., 2022; Scitutto et Eisenberg, 2007). D'ailleurs, les enfants nés entre octobre et décembre, étant les plus jeunes de leur classe, présentent un risque accru d'être diagnostiqués en raison de leur immaturité entraînant une plus grande présence de symptômes d'inattention et d'hyperactivité par rapport à leurs pairs plus âgés (Karlstad et al., 2017). Comme ces symptômes se chevauchent avec ceux du TDAH, il est crucial de prendre en compte le développement et le contexte psychosocial de l'individu lors de l'évaluation du TDAH afin d'avoir une meilleure compréhension de la nature des symptômes et de leur impact sur son fonctionnement quotidien.

### 2.1.3 L'étiologie

L'étiologie du TDAH n'est pas encore clairement définie, mais les études suggèrent qu'elle est multifactorielle, impliquant à la fois des facteurs de risque génétiques et environnementaux (Cecil et Nigg, 2022; Faraone et al., 2021). Des études réalisées sur des jumeaux ont démontré que le TDAH présente d'ailleurs un taux d'héritabilité de 70 % à 80 % (Faraone et al., 2015; Larsson et al., 2014). Jusqu'à présent, plusieurs gènes ont été identifiés dans la pathologie. Ceux-ci sont principalement liés au mécanisme dopaminergique, (ex : ANKK1, DAT1, DRD4), au mécanisme sérotoninergique (par exemple, SLC6Q4 et Htr1B), ainsi qu'au développement neuronal et au fonctionnement synaptique (LRP5, LRP6, SNAP25, ADGRL3, BAIAP2), sans prétendre à l'exhaustivité (Faraone et al., 2015; Faraone et al., 2021). Ces altérations génétiques combinées influencent et modulent à la fois la manifestation du TDAH, la présence de ses symptômes et les troubles concomitants qui lui sont associées (Faraone et al., 2021; Ribasés et al., 2023).

Les facteurs environnementaux, quant à eux, augmentent le risque de développer le TDAH par un processus épigénétique, où l'interaction entre les gènes et les facteurs environnementaux module l'expression de ces gènes (Cecil et Nigg, 2022). L'hostilité parentale, l'exposition au tabac, à des substances toxiques et des polluants environnementaux pendant la grossesse ou la petite enfance, les traumatismes précoces, la pauvreté, les infections, les événements stressants, les abus sexuels et les problèmes familiaux sont tous des éléments qui peuvent contribuer à l'apparition ou à l'aggravation des symptômes du TDAH, menant à des répercussions dans les différents domaines de développement et de fonctionnement de l'enfant (Faraone et al., 2021).

### 2.1.4 L'influence du TDAH sur le DGE

Les cinq domaines du DGE suivent généralement un fil temporel développemental similaire entre les individus, conduisant à un niveau de compétences relativement élevé chez la plupart d'entre eux (Kail,

2004). Cependant, chez les enfants qui présentent un TDAH, ces compétences peuvent présenter des altérations, reflétant un développement atypique. Des conséquences ont d'ailleurs été répertoriés dans chacun des cinq domaines du DGE chez cette population.

#### 2.1.4.1 Le domaine cognitif

Dès la première année postnatale, le cortex et les circuits neuronaux connaissent un processus de développement qui perdure jusqu'à l'âge adulte, permettant l'émergence de processus cognitifs complexes (Wiebe et Karbach, 2017). Ce développement résulte de l'interaction entre les structures cérébrales et les fonctions cognitives, sous l'influence de facteurs génétiques et environnementaux (Bjorklund et Causey, 2017).

Au fil du temps, les enfants acquièrent un meilleur contrôle de leurs pensées et de leurs comportements grâce au développement des fonctions exécutives, qui se manifeste par la maturation du cortex préfrontal. Les fonctions exécutives, telles que la mémoire de travail, l'inhibition comportementale, l'autorégulation émotionnelle, l'attention sélective et la flexibilité mentale jouent toutes un rôle crucial dans le raisonnement, la résolution de problèmes et la planification d'actions (Diamond, 2016; Wiebe et Karbach, 2017).

Les enfants ayant un TDAH présentent des altérations structurelles et fonctionnelles sur le plan cérébral, telles qu'une réduction du volume cortical, un retard de maturation et une hypo-activation de certaines zones corticales, notamment le cortex préfrontal, qui abrite les fonctions exécutives (Faraone et al., 2015; Shaw et al., 2007). Ces observations issues de la neuroimagerie fournissent des informations importantes sur les bases neurobiologiques du TDAH et aident à mieux comprendre les déficits cognitifs associés à ce trouble. Les résultats des études comportementales corroborent ces découvertes, mettant en évidence l'impact significatif du TDAH sur le développement des fonctions exécutives. Les enfants atteints de TDAH présentent des déficits marqués de plusieurs d'entre elles, notamment l'inhibition comportementale, la mémoire de travail (Willcutt et al., 2005), l'attention sélective et la planification (Wiebe et Karbach, 2017). Ces déficits expliquent en partie les difficultés manifestées dans le contrôle de l'attention et de l'impulsivité, des symptômes typiques du TDAH (Barkley et Murphy, 2010; Sonuga-Barke et al., 2008). Ils contribuent également aux difficultés scolaires (Biederman et al., 2004) et aux problèmes de comportement (Wåhlstedt et al., 2008) fréquemment observés chez ces enfants.

Le modèle à double voie, proposé par Sonuga-Barke (2008), permet de mieux comprendre les mécanismes sous-jacents des symptômes du TDAH. Ce modèle met en évidence l'importance de deux voies distinctes : l'altération des fonctions exécutives et l'aversion au délai. D'une part, l'altération des fonctions exécutives, notamment l'inhibition comportementale, est considérée comme la déficience centrale dans le TDAH. Cette dysrégulation cognitive est associée à des difficultés à réguler les comportements impulsifs et les réponses motrices, conduisant à des problèmes d'engagement avec l'environnement et à des difficultés d'adaptation. L'inhibition comportementale, qui implique la capacité de supprimer ou de contrôler les réponses automatiques ou impulsives afin de privilégier des réponses plus adaptatives ou socialement appropriées, joue un rôle crucial dans la régulation émotionnelle, le maintien de l'attention sur une tâche spécifique et la résistance aux distractions (Barkley et Murphy, 2010). Les personnes atteintes de TDAH peuvent avoir du mal à inhiber leurs réactions immédiates, ce qui peut entraîner des comportements impulsifs et une difficulté à freiner leurs actions. Ce déficit inhibiteur peut aussi être lié aux altérations neurobiologiques observées dans le TDAH, telles que des anomalies dans le fonctionnement des récepteurs dopaminergiques et sérotoninergiques. D'autre part, l'aversion au délai signifie que les individus atteints de TDAH ont tendance à avoir une faible tolérance à l'attente et à avoir du mal à différer la gratification immédiate (Sonuga-Barke et al., 2008). Ils sont donc plus sensibles aux conséquences à court terme comparativement aux récompenses différées, ce qui peut influencer leur prise de décision et leur capacité à s'engager dans des comportements orientés vers des objectifs à long terme (Sonuga-Barke et al., 2008).

#### 2.1.4.2 Le domaine physique et moteur

Tout comme les habiletés cognitives, les habiletés motrices se développent principalement pendant l'enfance avant d'atteindre un plateau à l'âge adulte (Cech et Martin, 2012). Une interrelation étroite a d'ailleurs été démontrée entre la trajectoire du développement cognitif et celle du développement physique et moteur (Diamond, 2000). Ces trajectoires sont influencées par divers facteurs tels que la maturation corticale et nerveuse, la croissance musculaire et osseuse, ainsi que les apprentissages, tous modulés par des stimulations environnementales (Cech et Martin, 2012; Diamond, 2000), telle que la pratique d'AP (Alvarez-Bueno et al., 2017; Zeng et al., 2017).

Il a été constaté que les enfants diagnostiqués avec un TDAH présentent généralement des déficits moteurs par rapport aux enfants au développement typique. En effet, entre 51,5 à 73,5 % de ces enfants rencontrent des difficultés significatives, tant sur le plan de la motricité fine, qui englobe la dextérité et la précision visuomotrice que de la motricité globale, comprenant l'agilité, la coordination et l'équilibre

(Kaiser et al., 2015; Verret et al., 2016). Ces déficits peuvent être partiellement attribués aux altérations des fonctions exécutives, car une corrélation a été observée entre le développement de ces fonctions et celui des habiletés motrices fondamentales (HMF), comme courir, sauter et lancer (Rigoli et al., 2012).

Les retards observés chez les enfants atteints de TDAH sont également présents à l'adolescence (Simard, 2018), ce qui laisse suggérer que ceux-ci ne se normalisent pas nécessairement avec la maturation cérébrale qui elle, se fait plus tardivement chez cette population (Shaw et al., 2007). L'aversion du délai pourrait donc expliquer en partie la contre-performance par un manque d'engagement dans la pratique en absence de récompenses immédiates (Sonuga-Barke et al., 2008). De plus, les enfants ayant un diagnostic de TDAH sont moins susceptibles de rencontrer les recommandations minimales d'activités physiques par rapport à ceux sans diagnostic (Mercurio et al., 2021). Des études supplémentaires sont toutefois nécessaires pour approfondir la compréhension de ces mécanismes et de leur rôle dans les déficits moteurs observés chez les enfants atteints de TDAH.

#### 2.1.4.3 Le domaine social

D'importantes difficultés sur le plan social ont également été rapportées (Harpin et al., 2016; Ros et Graziano, 2018; Verret et al., 2016). Celles-ci se manifestent par des problèmes dans les relations interpersonnelles, l'intégration sociale et la capacité à établir des amitiés (Verret et al., 2016), chez les enfants ayant un TDAH. Ces difficultés découlent souvent d'un déficit dans leurs habiletés sociales par rapport à leur pairs, notamment en terme de partage, de réciprocité et de compréhension des normes sociales (Ros et Graziano, 2018). Ils ont également du mal à respecter les règles, à attendre leur tour et à décoder les indices sociaux subtils (Ros et Graziano, 2018; Sonuga-Barke et al., 2008).

Ces lacunes sociales peuvent avoir d'importantes répercussions sur leur qualité de vie, entraînant des difficultés dans leurs relations familiales (Harpin et al., 2016) et leur capacité à établir et à maintenir des relations amicales (Verret et al., 2016). Par exemple, près de 70 % de ces enfants n'ont pas d'amis proches à l'école primaire, et la majorité d'entre eux font régulièrement face au rejet de la part de leurs pairs ou de leurs camarades (Verret et al., 2016).

#### 2.1.4.4 Le domaine affectif

Les enfants atteints de TDAH présentent généralement un déséquilibre affectif qui se manifeste, entre autres, par une lacune dans l'auto-régulation émotionnelle (Wehmeier et al., 2010). L'auto-régulation émotionnelle fait référence à un manque d'inhibition et est associée à des émotions intenses ainsi qu'à

des difficultés à mettre en place des mécanismes d'auto-contrôle (Hirsch et al., 2018). Plus précisément, ces enfants ont du mal à gérer des émotions telles que la frustration, l'impatience et la colère, et ils présentent généralement moins d'empathie que leurs pairs au développement typique (Maoz et al., 2019). Par ailleurs, ils ont généralement une faible estime de soi et sont plus susceptibles de souffrir de problèmes de dépression et d'anxiété (Wehmeier et al., 2010). Au même titre que les difficultés sociales, ces difficultés émotionnelles ont un impact négatif sur leur qualité de vie et perturbent le fonctionnement familial (Wehmeier et al., 2010).

#### 2.1.4.5 Le domaine langagier

De nombreux enfants atteints de TDAH rencontrent des difficultés dans le domaine du langage, que ce soit en termes de compréhension ou de communication (Bruce et al., 2006). Une étude portant sur des jumeaux a révélé que les habiletés langagières se développent de manière plus tardive chez les enfants atteints de TDAH (Ouellet, 2010). Les problèmes de langage observés sont souvent étroitement liés à des difficultés sociales et motrices (Bruce et al., 2006; Sciberras et al., 2014). Ces liens peuvent s'expliquer en partie par un déficit sur le plan des fonctions exécutives, en particulier en ce qui concerne la mémoire de travail (Bruce et al., 2006). Cette relation est bidirectionnelle, car les troubles du langage peuvent également perturber les fonctions exécutives. En effet, le discours interne joue un rôle essentiel dans l'auto-régulation, l'inhibition, l'organisation et la planification des réponses comportementales (Bruce et al., 2006). Cependant, davantage de recherches sont nécessaires pour approfondir la manière dont les difficultés motrices s'entrelacent avec les problèmes de langage chez les enfants atteints de TDAH, ainsi que l'impact de ces interactions sur leur développement global.

#### 2.1.5 Les conditions associées

En plus d'exercer une influence significative sur l'ensemble des domaines du DGE, le TDAH est fréquemment associé à de nombreuses affections, telles que le trouble d'opposition avec provocation ( $\approx 45\%$ ), les troubles de comportement ( $\approx 20\%$ ), les troubles de personnalités ( $\approx 60\%$ ), la dépression ( $\approx 40\%$ ), les troubles bipolaires ( $\approx 35\%$ ), les troubles anxieux ( $\approx 35\%$ ), l'abus de substances ( $\approx 25\%$ ), les troubles alimentaires ( $\approx 10\%$ ), les troubles du spectre de l'autisme ( $65\%$ ), les troubles d'apprentissages ( $\approx 50\%$ ), et les tics ( $\approx 20\%$ ), pour n'en citer que quelques-unes (APA, 2015; Kessler et al., 2014; Ribasés et al., 2023; Tistarelli et al., 2020). En plus d'exacerber l'impact du TDAH sur la trajectoire du DGE, ces troubles concomitants viennent influencer négativement la réussite scolaire en augmentant le risque de

décrochage scolaire à l'adolescence (Erskine et al., 2016; Quenneville et al., 2022) et en contribuant à une augmentation des taux de criminalité à l'âge adulte (Erskine et al., 2016).

Le TDAH est donc un trouble complexe qui impacte divers aspects du DGE, d'autant plus en présence de troubles concomitants. Pour favoriser le fonctionnement de l'enfant au quotidien et promouvoir un développement équilibré, une approche holistique combinant différentes interventions est souvent nécessaire (Faraone et al., 2021).

### 2.1.6 Les traitements usuels et les approches thérapeutiques complémentaires ou alternatives

Les traitements usuels couvrent une variété d'approches, notamment la médication psychostimulante (ex : amphétamine et méthylphénidate), la médication non-stimulante (ex : atomoxétine et  $\alpha$ 2-adrenergique), la thérapie comportementale ou le support psychosocial et éducatif (APA, 2015). Le choix du traitement dépendra des besoins spécifiques de chaque individu et de l'évaluation clinique qui prend en compte de la présence de troubles concomitants (APA, 2015; Faraone et al., 2015; Wolraich et al., 2019).

Malgré la diversité des traitements traditionnels disponibles, les plus efficaces parviennent tout au plus à atténuer partiellement les symptômes (Faraone et al., 2021). En réalité, la résistance au traitement du TDAH est fréquente, car environ 20 % à 40 % des enfants atteints de TDAH ne répondent pas de manière adéquate aux traitements de premières lignes (Chen et al., 2019). Cela souligne l'importance d'envisager d'autres approches thérapeutiques (Faraone et al., 2021). Parmi celles-ci, on trouve notamment l'acupuncture (Ang et al., 2023), le yoga (Gonzalez et al., 2023), les traitements basés sur le jeu (Choi et al., 2022), et enfin, la pratique d'AP (Hoza et al., 2016; Welsch et al., 2021; Xie et al., 2021). Ces interventions non médicamenteuses s'alignent parfois davantage avec les valeurs, les croyances ou le mode de vie des familles et peuvent constituer des options complémentaires ou alternatives intéressantes (Faraone et al., 2021).

## 2.2 L'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire

### 2.2.1 La prévalence

L'inactivité physique est un problème de santé publique préoccupant, dont les conséquences néfastes sur la santé des populations sont indéniables (Chaput et al., 2020). Selon une récente étude, les coûts directs et indirects liés à l'inactivité physique dépassent annuellement les 50 milliards de dollars à l'échelle mondiale (Katzmarzyk, 2023).

L'inactivité physique se définit par une pratique d'AP inférieure aux cibles minimales établies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Pour les enfants (5 à 17 ans), ces lignes directrices visent une pratique d'au moins 60 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée par jour (Bull et al., 2020). Ces recommandations sont conçues pour favoriser le développement physique, cognitif et psychosocial des enfants, ainsi que pour prévenir les maladies chroniques liées à l'inactivité physique. De plus, elles sont intégrées dans les directives de nombreux pays, y compris le Canada (Tapia-Serrano et al., 2022), soulignant l'importance accordée à la promotion de l'AP chez les enfants par les autorités (Bull et al., 2020; Farooq et al., 2020)

Malgré les recommandations claires en faveur d'une AP régulière, l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire reste un défi majeur (Aubert et al., 2022; Tapia-Serrano et al., 2022). En effet, les statistiques révèlent une situation préoccupante en ce qui concerne l'observance des recommandations chez cette population. Au niveau mondial, 81 % des adolescents âgés de 11 à 17 ans n'atteignent pas les cibles établies par l'OMS (Bull et al., 2020), tandis qu'au Canada, c'est 53% des enfants âgés de 5 à 11 ans et 69 % des adolescents âgés de 12 à 17 ans qui n'y parviennent pas (Statistique Canada, 2019). La diminution relative de l'AP avec l'âge affecte les deux sexes, mais elle est plus marquée chez les filles (Farooq et al., 2020). La baisse la plus notable est observée à partir de l'âge de 9 ans, autant chez les garçons (-7,8 %) que chez les filles (-10,2 %) (Farooq et al., 2020).

La pandémie de COVID-19, qui sévissait pendant cette thèse, a également eu un impact significatif sur le niveau de pratique d'AP des enfants, déjà insuffisante (Neville et al., 2022). Les mesures de confinement, les fermetures d'écoles, les restrictions de déplacement et les recommandations de distanciation sociale ont limité les occasions traditionnelles d'AP et ont conduit à des changements dans les routines quotidiennes des enfants (Bates et al., 2020). Dans de nombreux pays, les activités sportives organisées, les cours d'éducation physique à l'école et les jeux en plein air ont été suspendus ou fortement restreints pendant la période de confinement (Bates et al., 2020; Neville et al., 2022). L'augmentation de l'apprentissage à distance et du temps passé devant les écrans ont également contribué à une diminution de l'AP chez les enfants pendant cette période (Neville et al., 2022).

La prévalence élevée d'inactivité physique suscite des inquiétudes parmi les autorités et les scientifiques, car les conséquences sur la santé et le développement des enfants sont significatives et peuvent avoir des effets néfastes à court, moyen et long terme (Aubert et al., 2022; Micheli et al., 2011; OMS, 2018).

### 2.2.2 Les conséquences de l'inactivité physique

Au niveau mondial, l'inactivité physique est responsable de 9 % de la mortalité prématurée et contribue pour 6 à 10 % des principales maladies non-transmissibles, telles que les maladies coronariennes, le diabète de type 2, le cancer du sein et le cancer du côlon (Lee et al., 2012; OMS, 2023). Chez les enfants, le déclin de l'AP et de la condition cardiovasculaire est associé à des effets néfastes sur leur santé physique, mentale et développementale (Kantomaa et al., 2011; Micheli et al., 2011; Redig et al., 2022; Tomkinson et al., 2019). En revanche, la réduction de l'inactivité physique est liée à une augmentation de l'espérance de vie (Lee et al., 2012), d'où l'importance de promouvoir une pratique régulière d'AP chez les enfants et de lutter contre l'inactivité dès leur plus jeune âge (Farooq et al., 2020).

### 2.2.3 Les bénéfices de la pratique d'AP sur le DGE

La pratique régulière d'AP chez les enfants est associée à une meilleure santé physique et mentale (Janssen et LeBlanc, 2010; Poitras et al., 2016), en plus de favoriser la réussite éducative (Poitras et al., 2016). La quantité moyenne et l'intensité de l'AP pratiquée sur une base quotidienne jouent un rôle crucial, où une relation dose-effet est observée (Poitras et al., 2016).

La pratique d'AP influence également la trajectoire de développement des cinq domaines du DGE (Diamond, 2007; Jylänki et al., 2022; Siegel, 2020; Tandon et al., 2016). De nombreuses hypothèses scientifiques sont d'ailleurs proposées pour expliquer ces interactions. Parmi celles-ci, deux perspectives retiennent l'attention.

La première perspective aborde les effets directs de la pratique d'AP sur le DGE. Par exemple, la pratique régulière d'AP favorise l'augmentation du flux sanguin au niveau cérébral, ce qui contribue à une meilleure perfusion du cerveau en oxygène, favorisant ainsi son bon fonctionnement (Hillman et al., 2008). Cette meilleure oxygénation du cerveau est liée à des améliorations de la cognition, de la concentration et des capacités d'apprentissage chez les enfants (Chaddock-Heyman et al., 2013). La deuxième perspective porte sur les effets indirects de l'AP sur le DGE, mettant en évidence une influence mutuelle entre les différents domaines. Par exemple, la cascade développementale se réfère aux conséquences cumulatives des avancées dans un domaine développemental sur les autres domaines (Masten et Cicchetti, 2010). L'AP peut ainsi entraîner des répercussions positives sur le DGE en renforçant chaque domaine de manière interdépendantes.

### 2.2.3.1 Le domaine cognitif

L'OMS (2023) soutient depuis longtemps les bienfaits de la pratique d'AP pour le développement cognitif des enfants et leur réussite éducative. Cependant, une revue parapluie a récemment nuancé cette relation, en remettant en question la robustesse des analyses statistiques effectuées dans 24 méta-analyses sur le sujet (Ciria et al., 2023). Selon cette revue, les données ne seraient pas suffisamment solides pour conclure de manière définitive sur les effets de l'AP sur le développement cognitif des enfants (Ciria et al., 2023). Toutefois, ces résultats ont rapidement été réfutés dans une étude parue récemment (Cheval et al., 2023). Cette recherche scrute les relations bidirectionnelles entre l'AP et le fonctionnement cognitif général et ils sont arrivés à la conclusion que l'augmentation de la pratique d'AP entraîne une amélioration significative du fonctionnement cognitif. De plus, ils soutiennent que les politiques de santé et les interventions visant à promouvoir l'AP sont pertinentes pour améliorer les fonctions cognitives chez les enfants et retarder leur déclin chez les personnes âgées (Cheval et al., 2023).

Des études antérieures avaient clairement démontré cette relation entre la pratique d'AP et le développement cognitif chez les enfants, ayant un impact à la fois sur la structure cérébrale et les fonctions cognitives (Diamond et Ling, 2019; Erickson et al., 2019; Hillman et al., 2008; Pesce et al., 2019; Tomporowski et Pesce, 2019). En fait, la pratique d'AP est considérée comme l'une des interventions les plus efficaces pour favoriser le développement d'un large éventail de fonctions cognitives (Alvarez-Bueno et al., 2017), tout en offrant des avantages considérables en termes de réussite éducative (Erickson et al., 2019).

Ces effets sont principalement attribuables à des processus biochimiques (Stillman et al., 2020) et des mécanismes liés à l'apprentissage moteur (Diamond et Ling, 2019). D'un point de vue biochimique, la pratique d'AP stimule l'afflux sanguin et l'oxygénation cérébrale, et favorise la libération de facteurs de croissance, notamment les facteurs neurotrophiques dérivés du cerveau (BDNF), une protéine produite par le cerveau qui joue un rôle essentiel dans la plasticité cérébrale (Diamond et Ling, 2019; Stillman et al., 2020). Ces facteurs contribuent à la neuroplasticité du cerveau, ce qui se traduit par une amélioration des performances cognitives dans les régions cérébrales concernées (Wanner et al., 2020). Par exemple, l'amélioration de la synaptogénèse et de l'angiogénèse dans le cortex préfrontal, qui abrite les fonctions cognitives supérieures, entraîne une amélioration de diverses fonctions exécutives comme l'attention sélective, l'auto-régulation et la mémoire de travail (Diamond et Ling, 2019).

De façon indirecte, différents mécanismes sous-jacents peuvent aussi moduler l'effet de l'AP sur la trajectoire du développement cognitif, tels que le type de tâches motrices pratiquées, le niveau de complexité de la tâche et le niveau d'engagement cognitif impliqué (Diamond et Ling, 2019). L'engagement cognitif, voire l'implication des fonctions exécutives, pendant l'exécution des tâches motrices semblent d'ailleurs jouer un rôle crucial dans l'amélioration des capacités cognitives chez les enfants (Diamond et Ling, 2019; Pesce et al., 2019; Tomporowski et Pesce, 2019). Toutefois, il ne semble pas y avoir d'avantage à ce que l'engagement cognitif soit intrinsèque ou extrinsèque à la tâche, mais dépendrait plutôt du niveau d'engagement cognitif (Tomporowski et Pesce, 2019). L'engagement cognitif intrinsèque se produit lorsque la tâche elle-même nécessite des processus cognitifs pour être réalisée avec succès, comme pour l'apprentissage d'une chorégraphie complexe. Dans ce cas, l'enfant doit mémoriser les mouvements, coordonner ses actions avec la musique, et anticiper les transitions entre les différents pas. Tout au long de la pratique de la chorégraphie, l'enfant est engagé cognitivement dans l'apprentissage moteur, l'attention sélective et la mémoire de travail pour exécuter correctement la séquence de mouvements. En revanche, dans une intervention où la tâche motrice est extrinsèque à l'engagement cognitif, comme courir sur un tapis roulant en effectuant des calculs mathématiques, les deux activités sont distinctes. Ce type d'entraînement combiné a d'ailleurs démontré un effet synergique qui stimule l'apprentissage chez les enfants et qui freine le déclin des fonctions cognitives chez les personnes âgées (Tomporowski et Pesce, 2019). Plus spécifiquement, chez les enfants, des améliorations cognitives et des progrès en mathématiques ont été observés suite à une intervention combinée, par rapport à une intervention axée uniquement sur l'entraînement aérobique sans engagement cognitif ou à une intervention cognitive sans AP (Egger et al., 2019).

Finalement, plusieurs autres facteurs conséquents à l'AP expliquent en partie les bénéfices observés. D'abord, l'amélioration de la qualité du sommeil secondaire à la pratique d'AP favorise le développement cognitif (Erickson et al., 2019; Stillman et al., 2020; Wanner et al., 2020). Ensuite, l'amélioration de l'humeur provoquée par la pratique d'AP contribue à une meilleure consolidation de la mémoire et à un meilleur fonctionnement cognitif (Stillman et al., 2020). Enfin, les bienfaits de la pratique d'AP sur la régulation émotionnelle et le bien-être psychologique créent un environnement propice à l'apprentissage et au développement cognitif (Barbosa et al., 2020).

#### 2.2.3.2 Le domaine physique et moteur

Plusieurs déterminants liés à la condition physique des enfants sont influencés par la pratique d'AP, notamment la composition corporelle et la condition cardiovasculaire. D'une part, l'AP a un effet

significatif sur la gestion du poids corporel et la prévention du surpoids et de l'obésité (Janssen et LeBlanc, 2010). D'autre part, la pratique régulière d'AP est associée à une amélioration significative de la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2max$ ), qui est un important déterminant de la santé physique (Cohen et al., 2015; Santos et al., 2014). Il est donc primordial d'encourager la pratique régulière d'AP chez les enfants, étant donné l'augmentation de la prévalence d'obésité (+ 4,9 % à 6,9 % entre 1975 et 2016) chez cette population (Jebeile et al., 2022) et le déclin important (-7,3 % du  $VO_2max$  entre 1981 et 2014) de leur condition cardiovasculaire (Tomkinson et al., 2019).

La pratique d'AP est aussi fortement associée à l'amélioration des déterminants moteurs (Dapp et al., 2021; Zeng et al., 2017). Elle favorise entre autres le développement de la motricité globale, comprenant des habiletés telles que la vitesse segmentaire, la coordination et l'équilibre (Dapp et al., 2021; Laukkanen et al., 2014), de même que la motricité fine, qui inclut des compétences comme la coordination main-œil, la précision et la coordination de la main et la dextérité des doigts (Dapp et al., 2021; Zeng et al., 2017). La pratique régulière d'AP a aussi des répercussions favorables sur les HMF (Zeng et al., 2017). Les recherches ont d'ailleurs démontré que cet effet est bidirectionnel, puisque le niveau de compétence des HMF influence le taux de participation à l'AP chez les enfants (Santos et al., 2014). En effet, les enfants ayant de meilleures compétences motrices sont plus enclins à être actifs physiquement, et vice-versa (Cohen et al., 2015).

Enfin, la trajectoire du développement moteur est étroitement liée à celle du développement cognitif, et cette corrélation s'explique par une relation bidirectionnelle entre ces deux domaines du DGE, comme exposé précédemment (Diamond, 2000, 2007). Lorsqu'un enfant développe des compétences motrices cela renforce également les connexions neuronales associées aux fonctions cognitives (Diamond, 2000). De même, des améliorations dans les fonctions cognitives peuvent faciliter l'apprentissage de compétences motrices plus complexes (Diamond, 2007). En d'autres termes, le développement cognitif encouragé par la pratique d'AP peut également avoir des répercussions indirectes sur le développement moteur et l'inverse est également vrai. Finalement, il est essentiel de souligner que le développement moteur exerce une influence sur le développement social, affectif et langagier. Les liens étroits entre ces domaines seront explorés en détail dans leurs sections respectives ci-dessous.

### 2.2.3.3 Le domaine social

La pratique d'AP à l'âge scolaire contribue également au développement social de l'enfant, lui permettant notamment d'acquérir et de comprendre les règles et les normes sociales propres aux activités sportives

(Cech et Martin, 2012). En effet, lorsqu'un enfant participe à des activités sportives de groupe, il doit respecter les règles du jeu et interagir avec ses coéquipiers et ses adversaires. Ces interactions sociales favorisent l'apprentissage de la coopération, du respect mutuel, de l'esprit d'équipe et de la gestion des émotions dans un contexte social structuré (Cech et Martin, 2012; Opstoel et al., 2020). L'OMS (2003) reconnaît d'ailleurs la pratique du sport comme un moyen pour favoriser l'intégration sociale et faciliter le développement des habiletés sociales chez les enfants.

D'un point de vue indirect, le développement moteur, favorisé par la pratique d'AP, joue également un rôle dans le développement social de l'enfant (Adolph et Franchak, 2017). Pour mieux comprendre ce lien, prenons exemple sur les faits observés à la petite enfance. Dès le stade du bambin, on observe une progression développementale qui relie les comportements sociaux et exploratoires à la transition vers la marche indépendante (Clearfield, 2011). Le début du quatre pattes est d'ailleurs considéré comme une étape clé dans le développement social, car il permet à l'enfant de manipuler expérimentalement sa locomotion (Clearfield, 2011). Lorsque l'enfant acquiert la locomotion indépendante, cela entraîne des changements à la fois dans ses états psychiques internes, dans le monde qui l'entoure, ainsi que dans son interaction avec ce monde (Clearfield, 2011). La manipulation d'objet permet au nourrisson de diriger l'attention de sa mère vers un objet d'intérêt à travers des gestes. Cela marque les débuts de la cognition sociale, où le nourrisson réalise qu'il peut influencer l'attention des autres par des moyens sociaux. Cette cognition sociale précoce est liée à la compétence sociale chez les enfants d'âge préscolaire (Clearfield, 2011).

#### 2.2.3.4 Le domaine affectif

La pratique régulière d'AP influence également de manière significative le développement affectif de l'enfant (Abdessemed et al., 2021). Tout d'abord, elle agit en réduisant le stress et l'anxiété. En effet, l'AP est connue pour déclencher la libération de diverses hormones, dont la sérotonine et les endorphines (Alghadir et al., 2016; Arsović et al., 2020) qui peuvent aider à atténuer les niveaux de stress et d'anxiété chez les enfants (Hamer et Steptoe, 2007). D'autres hypothèses ont également été formulées concernant les avantages de l'AP sur la santé mentale des enfants. Cela inclut les bienfaits indirectement provoqués par l'augmentation de l'auto-efficacité, l'interaction sociale pendant l'exercice, ainsi que l'utilisation de l'exercice comme un exutoire au stress et à la frustration (Arsović et al., 2020). L'AP favorise aussi la régulation émotionnelle, permettant aux enfants de mieux faire face aux émotions (Reed et Ones, 2006). Enfin, des programmes d'AP réalisés en milieu scolaire ont mené à une augmentation de la résilience et du bien-être chez les élèves, en plus de favoriser une bonne santé mentale (Andermo et al., 2020).

La littérature scientifique met également en évidence l'existence d'une relation étroite entre le développement moteur et le développement affectif chez les enfants démontrant que les compétences motrices acquises par l'enfant ont un impact significatif sur son bien-être émotionnel, son estime de soi et sa confiance en soi (Mohammadi Orangi et al., 2023; Viholainen et al., 2014). Par exemple, la compétence motrice est un prédicteur significatif de l'estime de soi chez les enfants, les enfants ayant de meilleures HMF présentant un meilleur estime de soi par rapport à ceux qui ont un niveau de compétence motrice plus faible (Lopes et al., 2022; Rose et al., 2015). Ce lien entre le développement moteur et le développement affectif peut s'expliquer par plusieurs mécanismes. Entre autres, les compétences motrices permettent à l'enfant d'explorer et d'interagir avec son environnement, ce qui favorise le développement de sa curiosité, de son intérêt pour le monde qui l'entoure et de sa confiance dans ses capacités à agir sur son environnement (Clearfield, 2011).

#### 2.2.3.5 Le domaine langagier

Bien qu'il y ait peu d'évidences scientifiques, certaines études démontrent un lien direct entre la pratique d'AP et le développement du langage (Pruitt et Morini, 2021; Schmidt-Kassow et al., 2010). Entre autres, la pratique d'AP, principalement à composante aérobique, améliorerait l'habilité à acquérir de nouveaux mots chez les enfants âgés entre 6 et 12 ans (Pruitt et Morini, 2021). Des études ayant été effectuée chez les adultes montrent qu'il serait d'ailleurs plus facile de mémoriser des nouveaux mots lorsque leur apprentissage (encodage) est combinée à la pratique d'AP de type aérobique, comme faire du vélo (Schmidt-Kassow et al., 2010) ou marcher (Schmidt-Kassow et al., 2014). Il s'agit ici d'une activité motrice avec une tâche cognitive extrinsèque.

De façon indirecte, le développement moteur de l'enfant exerce une influence significative sur son développement langagier (Gonzalez et al., 2019; Iverson et Goldin-Meadow, 2005; Libertus et Violi, 2016). La motricité fine tout comme la motricité globale sont corrélées avec le développement du langage (Gonzalez et al., 2019). Par exemple, la capacité à manipuler des objets et à utiliser des gestes précis favorise le développement des habiletés pré-linguistiques, telles que le pointage, les gestes d'imitation et la manipulation des lèvres et de la langue (Iverson et Goldin-Meadow, 2005). Ces compétences pré-linguistiques fournissent les bases nécessaires à l'acquisition ultérieure du langage verbal. L'apprentissage de la marche, qui marque une étape importante du développement moteur et est également associé à des changements dans le développement langagier. Les enfants qui marchent de manière autonome présentent une augmentation des vocalisations, des gestes dirigés et des tentatives d'interaction sociale par rapport aux enfants qui se déplacent à quatre pattes (Libertus et Violi, 2016). De plus, le passage du

quatre pattes à la marche est lié au développement du vocabulaire réceptif et expressif chez les nourrissons au développement typique. Comme il a été expliqué précédemment, l'acquisition de la marche indépendante modifie l'interaction de l'enfant avec son environnement, ce qui conduit, au fil du développement, à une augmentation des comportements sociaux qui eux, peuvent favoriser l'acquisition du langage. Cette relation étroite entre la motricité et le langage joue un rôle essentiel dans le DGE, en favorisant son exploration du monde et ses interactions sociales, ainsi que ses capacités de communication et d'expression (Gonzalez et al., 2019).

En conclusion, la pratique d'AP tout comme le développement moteur de l'enfant, jouent un rôle crucial dans son développement cognitif, social affectif et langagier, formant ainsi un processus holistique où la trajectoire de développement de chaque domaine contribue à l'épanouissement global de l'enfant (Janus et Offord, 2007).

#### 2.2.4 Les mesures pour augmenter le niveau d'AP chez les enfants d'âge scolaire

L'importance de l'AP pour soutenir le DGE est indéniable, mais les taux d'observance relativement bas soulignent la nécessité d'encourager et soutenir la pratique régulière d'AP. Afin de lutter contre l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire, plusieurs mesures ont été mises en place à l'échelle mondiale et nationale. L'OMS s'est d'ailleurs engagée à inverser cette tendance en élaborant un plan d'action mondial visant à réduire de 15% les taux d'inactivité physique, d'ici 2030 (OMS, 2019). Pour atteindre cet ambitieux objectif, l'OMS recommande aux différents gouvernements d'adopter des mesures stratégiques visant à accroître le niveau quotidien d'AP dans la population, notamment chez les enfants et les adolescents.

Ce plan d'action comprend 20 actions fondées sur des données probantes et s'articule autour de quatre objectifs stratégiques : créer des sociétés actives, créer des environnements actifs, susciter l'activité et créer des systèmes actifs. Les orientations de ce plan d'action sont également alignées avec plusieurs objectifs du développement durable (ODD) des Nations-Unies Nations Unies (2020) :

- L'AP peut aider à maintenir un poids santé et contribuer à la perte de poids (ODD 2.2), l'augmentation des taux d'AP fera diminuer d'autant le fardeau de la maladie et le taux global de mortalité, ce qui aura pour effet de favoriser le bien-être et la santé mentale pour tous (ODD 3.4);
- On accroît la participation à l'AP en offrant dans les écoles des possibilités d'éducation physique qui soient de qualité. Une participation accrue chez l'ensemble des filles et des garçons peut

entraîner une plus grande capacité de concentration et une amélioration des fonctions cognitives, ce qui se traduit par de meilleurs résultats scolaires (ODD 4.1);

- Les programmes d'AP dans les écoles aident l'ensemble des garçons et des filles à acquérir des connaissances en matière d'AP et de santé, une habileté motrice, ainsi que des attitudes et des habitudes positives. Ces éléments peuvent contribuer à améliorer la préparation des enfants à l'entrée dans le primaire et à leur permettre de mieux profiter de l'AP en général (ODD 4.2);
- Les établissements scolaires devraient être des lieux sûrs, inclusifs et accessibles (à l'intérieur et à l'extérieur) pour que les enfants soient physiquement actifs et réduisent leur comportement sédentaire, afin de réunir de meilleures conditions d'apprentissage pour tous (ODD 4.3);
- L'amélioration de l'accès et des possibilités d'AP pour les femmes et les filles tout au long de leur vie contribue à mettre fin à la discrimination, et vise à permettre à celles-ci d'acquérir des compétences polyvalentes qui leur donneront les moyens de s'autonomiser davantage, de mener des activités génératrices de revenus et de participer à l'économie (ODD 5.1);
- En offrant des possibilités de réduction des inégalités, le sport peut être un moyen de créer des sociétés inclusives exemptes de lois et de pratiques discriminatoires qui précipitent et perpétuent une exclusion évitable (ODD 10.3).

En réponse à l'enjeu de l'inactivité physique et prenant appui sur le plan d'action de l'OMS, le gouvernement québécois a adopté une politique intitulée "Au Québec on bouge!". Celle-ci vise notamment à augmenter de 20% le niveau d'AP chez les enfants de 6 à 17 ans, d'ici 2027. Cette politique a engendré une série d'initiatives, dont la mesure "15023 — À l'école, on bouge!" (Laberge et Gosselin, 2021).

L'objectif de cette mesure est de soutenir les établissements d'enseignement préscolaire et primaire afin que tous leurs élèves bénéficient d'au moins 60 minutes d'AP chaque jour de classe. Ainsi, le gouvernement aspire à inculquer aux jeunes générations l'importance d'une mode de vie actif dès le plus jeune âge. Pour y parvenir, quatre facteurs ont été identifiés comme favorable à l'engagement des équipes-écoles envers ce changement de pratique visant à accroître le niveau d'AP des élèves : l'observation d'impacts positifs chez les élèves, la reconnaissance de l'impact positif de l'AP sur la réussite, la participation des élèves dans le processus de mise en place des AP et finalement, les changements positifs chez les jeunes observés par les parents (Laberge et Gosselin, 2021).

En revanche, certains enjeux nécessitent une attention particulière pour assurer le succès de cette mesure. Parmi eux, figurent la disponibilité des ressources humaines et financières pour déployer la mesure dans les établissements scolaires, un soutien ferme de la direction d'école et la présence d'un leader de programmes engagé (Laberge et Gosselin, 2021). Il est également crucial de veiller à ce que les initiatives mises en place soient universelles pour qu'elles touchent un maximum d'enfants, notamment les élèves plus vulnérables.

Une approche prometteuse pour surmonter ces barrières consiste à intégrer l'AP sur une base quotidienne dans les heures d'enseignement, en suivant l'exemple de la politique 138 proposée par le Gouvernement de l'Ontario (2005). Cette politique est considérée comme une initiative majeure et facilitante pour augmenter le niveau d'AP chez tous les élèves (Allison et al., 2014). Cependant, des défis persistent, dont le plus important semble être le fardeau porté par les enseignantes et les enseignants qui expriment des préoccupations concernant le manque de temps pour planifier et mettre en œuvre des AP en classe. Afin de surmonter ces défis, il est essentiel de fournir aux enseignantes et aux enseignants des outils pour intégrer de manière efficace l'AP dans leur enseignement (Allison et al., 2014). Une approche concertée impliquant les équipes-école pourrait d'ailleurs aider à renforcer l'engagement en faveur de l'AP et à créer un environnement propice à son intégration durable dans le curriculum scolaire (Daly-Smith et al., 2021).

### 2.3 Les fondements théoriques du développement de l'outil

La conception de l'outil présenté dans cette thèse vise avant tout à faciliter l'intégration de l'AP en milieu scolaire, en accordant une attention particulière à l'inclusion et au soutien des enfants atteints de TDAH. Ce chapitre approfondit les trois piliers fondamentaux qui ont largement contribué à la conception de l'outil : le concept d'intervention universelle en éducation, l'intégration de l'AP en classe et les facteurs qui optimisent l'engagement des élèves atteints de TDAH. En abordant ces trois axes, ce chapitre jette les bases d'un outil visant à enrichir l'expérience éducative des élèves, favorisant leur développement global et contribuant à atténuer les symptômes chez ceux atteints de TDAH.

#### 2.3.1 L'intervention universelle pour soutenir le développement global de tous les enfants

Pour maximiser l'efficacité des interventions pour soutenir le DGE, il est idéal d'intervenir dès la petite enfance (Campbell et al., 2002). Favoriser des conditions propices au DGE dès le plus jeune âge est non seulement plus efficace, mais aussi moins coûteux que de tenter de remédier aux conséquences plus tard (Shonkoff et al., 2012). Cependant, il est important de reconnaître que près d'un tiers des enfants, en

particulier ceux défavorisés sur le plan socioéconomique, commenceront l'école avec des vulnérabilités touchant au moins un domaine du DGE (Bergeron-Gaudin et al., 2022).

Pour aborder cette question de manière holistique, il est donc primordial d'élargir la perspective du DGE au-delà de la petite enfance et de poursuivre les efforts pour déployer des interventions visant à réduire les inégalités, à limiter les vulnérabilités et à promouvoir l'épanouissement de chaque enfant d'âge scolaire. Le plan d'action mondiale de l'OMS (2019) met en évidence la nécessité d'interventions universelles pour offrir des chances égales à tous les enfants, quelques soient leurs défis personnels. L'intervention universelle, qui vise à englober tous les membres d'une population donnée (Greenberg et Abenavoli, 2017), se révèle en effet être une solution propice pour promouvoir le DGE grâce à l'AP, notamment chez enfants les plus vulnérables (Lewallen et al., 2015; Reis et al., 2016). Dans le contexte éducatif, où l'intervention universelle s'adresse à tous les élèves d'une classe (Desrochers et al., 2016), il est toutefois recommandé de porter une attention particulière à la diversité des profils, des besoins et des préférences lors de la conception de l'intervention, afin qu'elle soit à la fois efficace et équitable pour un maximum d'élèves (Love et al., 2019; Moore et al., 2015).

### 2.3.2 L'intégration d'activité physique en classe, une solution prometteuse

Les écoles sont ciblées par les gouvernements comme milieu d'intervention évident pour intégrer plus d'AP puisqu'elles offrent un cadre pour atteindre la majorité des jeunes, indépendamment de leurs caractéristiques socioéconomiques (Lavigne, 2017; Love et al., 2019). Plus spécifiquement, l'intégration d'AP en classe est une intervention universelle qui peut contribuer à augmenter le niveau d'AP, en plus de favoriser la réussite éducative (Donnelly et Lambourne, 2011; Egger et al., 2019; Norris et al., 2020; Watson et al., 2017) et le bien-être général des d'élèves (Goh et al., 2019; Norris et al., 2015; Norris et al., 2020). Combinée au cours d'éducation physique et à la santé (EPS) ainsi qu'à d'autres initiatives mises en place dans les établissements scolaires, cette approche constitue un moyen efficace pour atteindre les objectifs du plan d'engagement vers la réussite scolaire proposé par le gouvernement du Québec à travers l'initiative "À l'école on bouge", qui vise à offrir au moins 60 minutes d'AP par jour à tous les élèves (Laberge et al., 2019). L'intégration de l'AP en classe présente un avantage significatif, puisqu'elle permet de rejoindre les élèves les plus vulnérables, en s'intégrant directement dans le curriculum scolaire tout en ne requérant des familles aucune dépense ou besoin matériel supplémentaire.

L'apprentissage physiquement actif (APA), qui consiste à combiner des mouvements avec des notions académiques (Daly-Smith et al., 2021), est une approche particulièrement prometteuse. Avec la politique

"À l'école on bouge !", l'APA est d'ailleurs devenue l'une des initiatives les plus utilisées par les enseignantes et les enseignants pour encourager une plus grande AP chez les élèves, aux côtés des pauses actives en classe (Laberge et al., 2019). Elle se distingue des pauses actives par l'intégration de notions académiques.

Des études empiriques portant sur des programmes d'APA ont démontré des améliorations significatives concernant le temps de travail total en classe (Grieco et al., 2016; Mullender-Wijnsma et al., 2016; Norris et al., 2020), la condition physique (de Greeff et al., 2016; Mullender-Wijnsma et al., 2016; Seljebotn et al., 2019), les résultats académiques des élèves (Donnelly et al., 2009; Mullender-Wijnsma et al., 2016; Watson et al., 2017) et leur niveau d'AP quotidien (Norris et al., 2020; Seljebotn et al., 2019). Cependant, il convient d'aborder ces résultats avec prudence. En effet, certaines études font état de divergences et présentent des résultats non concluants, soulignant la nécessité d'approfondir la recherche pour évaluer les effets à long terme de l'APA en classe (Daly-Smith et al., 2018).

Par exemple, les résultats de la méta-analyse menée par Watson et al. (2017) mettent en évidence que l'APA n'a pas d'influence significative sur les niveaux quotidiens d'AP des élèves ce qui diffère, entre autres, des conclusions tirées de la méta-analyse menée par Norris et al. (2020). Ces divergences dans les résultats peuvent être partiellement attribuées à l'hétérogénéité des méthodes de mesure adoptées dans les études pour évaluer les niveaux d'AP, comme l'usage d'accéléromètres, de questionnaires, ou de podomètres. Bien que l'accélérométrie soit considérée comme la norme méthodologique, sa mise en pratique peut être entravée par des coûts élevés et des manipulations complexes (Aubert et al., 2022). En réalité, la mesure précise de ces niveaux chez les enfants s'avère un défi constant. Cette complexité est telle que même l'OMS (2019) préconise la mesure des niveaux d'AP seulement à partir de l'adolescence.

#### 2.3.2.1 Les modalités de conception et de déploiement de l'apprentissage physiquement actif

Dans l'ensemble, les programmes d'APA d'une durée égale ou supérieure à dix minutes d'AP d'intensité modérée à élevée présente une cohérence plus marquée dans leurs effets, notamment en ce qui concerne le temps de travail total (Daly-Smith et al., 2018). En revanche, pour les durées plus courtes, il est essentiel que l'intensité de l'APA soit maintenue à un niveau vigoureux pour atteindre une efficacité optimale (Daly-Smith et al., 2018). En effet, des programmes d'APA dont l'intensité d'AP serait trop faible ne seraient pas efficaces pour améliorer les fonctions exécutives ou la condition physique des enfants (de Greeff, 2016). Ces conclusions soulignent donc l'importance de considérer à la fois la durée et l'intensité des programmes d'APA pour maximiser leurs bienfaits sur la santé et les performances des élèves.

Certaines difficultés ont également été soulevées quant au déploiement d'APA en classe. Ces obstacles comprennent le besoin de formation des enseignantes et des enseignants pour intégrer adéquatement l'APA dans le curriculum (Daly-Smith et al., 2021), les contraintes de temps pour adapter, planifier et implanter l'APA en classe (Daly-Smith et al., 2021; Dyrstad et al., 2018; Routen et al., 2018), le manque de ressources matérielles et budgétaires (Daly-Smith et al., 2021; Routen et al., 2018) ainsi que les préférences pédagogiques d'enseignantes et d'enseignants en faveur d'approches plus traditionnelles (Daly-Smith et al., 2021). Au Québec, l'adaptation linguistique des programmes, la plupart du temps validés dans d'autres langues que le français (Kibbe et al., 2011; Mullender-Wijnsma et al., 2016), constitue également une contrainte à la pleine potentialisation de l'APA.

Ces défis soulignent l'importance de développer des initiatives spécifiquement adaptées au contexte scolaire québécois, en prenant en compte la langue, la culture et les ressources disponibles, tout en favorisant la collaboration étroite entre l'équipe de recherche et les enseignantes et enseignants (Daly-Smith et al., 2021; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Routen et al., 2018).

Un déploiement réussi de l'APA en classe repose sur plusieurs autres facteurs clés. Tout d'abord, un solide soutien administratif et politique est essentiel pour garantir une mise en œuvre efficace (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020). Ensuite, une formation ciblée des enseignants, mettant en avant les avantages de l'APA et sa pertinence dans leur enseignement, s'avère cruciale pour une intégration réussie (Daly-Smith et al., 2021; Routen et al., 2018). De plus, en impliquant activement les parents, en les sensibilisant à l'importance de l'APA, on crée un environnement favorable à son succès (Daly-Smith et al., 2021). L'accès à des outils et ressources adaptés à l'environnement scolaire est également un facteur déterminant pour faciliter la pratique de l'APA en classe (Daly-Smith et al., 2021; Dyrstad et al., 2018; Routen et al., 2018). En intégrant cette approche éducative dans le programme scolaire officiel, on lui confère une légitimité et une structure qui favorisent son adoption à long terme (Daly-Smith et al., 2021; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Routen et al., 2018). Enfin, en encourageant l'engagement actif des élèves dans le processus d'APA, on renforce leur participation et leur motivation, assurant ainsi une expérience d'apprentissage enrichissante pour tous les élèves (Routen et al., 2018), notamment ceux ayant un diagnostic de TDAH.

### 2.3.2.2 Les modalités de conception de l'outil spécifiques au trouble de déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité

À ce jour, aucune étude ne semble avoir examiné les effets d'un outil d'APA chez les enfants ayant un TDAH. Or, d'autres types d'interventions qui combinent mouvements et engagement cognitif, tel que le jeu vidéo d'exercice (*exergame*), ont montré des effets positifs chez cette population, favorisant l'amélioration de leurs fonctions exécutives et de leurs compétences motrices (Benzing et Schmidt, 2019). À la lumière de ces résultats, il serait donc pertinent d'évaluer les bénéfices potentiels de l'APA pour les enfants ayant un TDAH, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives thérapeutiques et éducatives dans la prise en charge de cette condition complexe.

Toutefois, certaines caractéristiques de cette population sont à prendre en considération dans la conception d'un outil d'APA. D'une part, il faut reconnaître que ce trouble neurodéveloppemental influence les processus cognitifs liés à l'engagement et à la motivation dans une tâche (Morsink et al., 2021; Smith et Langberg, 2018). Selon le modèle cognitif-énergétique du TDAH « cognitive-energetic model », proposé par Sergeant et al. (2003), le niveau d'effort émis dans une tâche est directement lié aux anomalies neuropsychologiques spécifiques au TDAH, dont l'inhibition comportementale et l'autorégulation cognitive (Gut et al., 2012). De plus, leur niveau de motivation est influencé par le taux de succès ou d'échec vécus dans l'accomplissement des tâches. L'hyperactivité et l'impulsivité, caractéristiques du TDAH, entraînant des erreurs plus fréquentes, peuvent donc affecter négativement leur motivation (Smith et Langberg, 2018). En effet, ces enfants ont souvent du mal à maintenir une attention soutenue en raison de leur capacité d'inhibition altérée, ce qui peut les rendre facilement distraits par des stimuli externes ou des pensées internes (Barkley, 1997; Smith et Langberg, 2018). L'aversion pour les délais peut également affecter le niveau de motivation dans une tâche qui nécessite une patience et une persévérance à long terme (Smith et Langberg, 2018), surtout si celle-ci ne permet pas d'obtenir des récompenses immédiates. D'autre part, les enfants ayant des troubles concomitants, telles que le trouble d'opposition avec provocation et les troubles de conduite, peuvent être davantage affectés par le manque de motivation, ce qui peut compliquer davantage leur capacité à s'engager dans des tâches (Gut et al., 2012).

Pour remédier à ces défis et susciter la motivation et un niveau d'attention soutenue des élèves atteints de TDAH, différentes stratégies peuvent être envisagées. D'abord, la ludification des apprentissages s'est avérée bénéfique pour améliorer la participation et la motivation des élèves touché par ce trouble (Beauchamp, 2022). L'intégration d'éléments ludiques dans l'outil d'APA pourrait donc favoriser leur

participation active. De plus, l'utilisation d'un avatar contribue à maintenir l'attention et à soutenir les apprentissages des élèves ayant un TDAH (Fabio et al., 2019). L'intégration d'un avatar dans l'outil d'APA, agissant comme guide virtuel, pourrait offrir une présence interactive et stimulante favorable pour susciter et maintenir l'attention des élèves. Ces deux approches peuvent être facilitées par l'exploitation du numérique, ce qui est en accord avec le Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur du gouvernement du Québec (2018), axé sur l'exploitation du numérique pour créer de la valeur ajoutée dans l'enseignement. Le numérique faciliterait également la conception d'une solution clé-en-main, plus facilement adoptée par les enseignants (Daly-Smith et al., 2021).

### 2.3.3 La synthèse des fondements théoriques de la conception de l'outil

La conception de l'outil d'APA, visant à faciliter l'intégration de l'AP en classe tout en respectant l'approche d'intervention universelle (Potvin et al., 2017), considérant les besoins spécifiques de tous les élèves et portant une attention particulière à ceux ayant un TDAH, repose sur plusieurs principes clés :

**Accessibilité** : L'outil doit être accessible à tous les élèves, quel que soit leur profil, leur niveau de vulnérabilité ou la présence de symptômes de TDAH ou d'autres diagnostics. Il doit être conçu de manière inclusive, permettant à tous les enfants de participer pleinement et de bénéficier des bienfaits de l'AP.

**Approche ludique et attrayante** : Pour favoriser l'engagement des élèves, en particulier ceux atteints de TDAH, l'outil doit proposer des activités physiques et des notions pédagogiques stimulantes, présentées de manière ludique et attrayante. L'intégration d'un avatar, comme guide virtuel, contribue à maintenir leur intérêt et à stimuler leur motivation.

**Implication des acteurs du milieu scolaire** : En plus des membres de l'équipe de recherche interdisciplinaire, les enseignantes et enseignants (titulaires et EPS) doivent être activement impliqués dans le processus de codéveloppement de l'outil. Leur collaboration permettra d'assurer une cohérence au niveau du contenu pédagogique intégré et de mieux répondre aux besoins spécifiques des élèves.

**Intégration de l'outil au curriculum** : L'intégration de l'outil doit se faire de manière harmonieuse, complétant les matières existantes tout en offrant une expérience éducative enrichissante qui s'aligne avec le programme scolaire et le contexte éducatif. De cette manière, l'outil deviendra un atout pour les enseignantes et enseignants, renforçant leur offre pédagogique plutôt que de créer une charge supplémentaire dans leur emploi du temps. Cette approche favorisera une meilleure adhésion de l'outil.

**Utilisation de technologies accessibles** : L'outil doit être facile à utiliser en classe, sans nécessiter de matériel spécialisé ou coûteux. La formule clé en main est privilégiée afin de faciliter la tâche des enseignantes et enseignants en réduisant le temps nécessaire à l'adaptation et à la planification des activités physiques.

## 2.4 Le résumé de la problématique et les objectifs

En somme, cette thèse aborde deux problématiques d'envergure de santé publique qui ont un impact significatif, à court, moyen et long terme, sur le bien-être (Harris, 2018; Wehmeier et al., 2010) et la qualité de vie des enfants (Danckaerts et al., 2010; Wu et al., 2017). Le TDAH et l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire sont des enjeux cruciaux, compte tenu de leur prévalence élevée (Chaput et al., 2020; Faraone et al., 2021) et de leur influence sur le DGE (Faraone et al., 2021; Jylänki et al., 2022) avec des conséquences potentiellement durable à l'âge adulte (Erskine et al., 2016; Redig et al., 2022).

Face à ces défis complexes, il convient de développer des interventions efficaces visant à encourager l'AP et à soutenir le DGE, en particulier chez les enfants ayant un mode de vie physiquement inactif ou un diagnostic de TDAH. Cette nécessité d'agir est motivée par le souci d'atténuer la vulnérabilité développementale des enfants en vue de prévenir le décrochage scolaire (Erskine et al., 2016; Rasberry et al., 2011), ainsi que les problèmes de santé physique (Bull et al., 2020; Sun et al., 2023) et mentale (Ganjeh et al., 2022; Hale et al., 2023; Sun et al., 2023), tout en optimisant leur qualité de vie (Wu et al., 2017).

Dans ce contexte, l'APA se présente comme une perspective prometteuse pour atténuer les conséquences de ces deux problématiques. Malgré la présence de solutions existantes et validées en recherche (Kibbe et al., 2011; Mullender-Wijnsma et al., 2016), il n'existe à l'heure actuelle aucun outil clé en main permettant une intégration facile de l'APA dans les salles de classe au Québec et dans les milieux francophones, répondant aux besoins des enseignantes et enseignants qui recherchent des solutions simples, nécessitant une préparation minimale et facilement déployable (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020).

### 2.4.1 Les objectifs de la thèse

Les objectifs de la thèse sont structurés en trois volets clés. Le premier objectif consiste à analyser les effets de la pratique d'AP sur les cinq domaines du développement global de l'enfant atteint de TDAH. Plus précisément, la revue systématique présentée dans le chapitre 4 (article #1) répondra aux questions

suivantes : Quel effet l'AP a-t-elle sur le développement cognitif, physique et moteur, social, affectif et langagier des enfants souffrant de TDAH ? Quels sont ses effets sur les symptômes du TDAH ? Existe-t-il une relation dose-réponse, et le cas échéant, quelles sont les modalités d'intervention recommandées ?

Le deuxième objectif consiste à élaborer un outil d'APA destiné à soutenir le DGE, chez les enfants ayant ou non un TDAH. En parallèle, il vise à évaluer à la fois le processus de co-développement de cet outil et son déploiement en milieu scolaire. Les résultats relatifs à cet objectif sont présentés dans le chapitre cinq (article #2).

Le troisième objectif est d'évaluer l'efficacité de l'outil d'APA en mesurant ses effets sur chaque domaine du DGE : cognitif, physique et moteur, social, affectif et langagier. Les résultats de cette évaluation sont exposés dans le chapitre six (article #3).

## CHAPITRE 3

### LE CADRE MÉTHODOLOGIQUE

#### 3.1.1 Le devis

Afin de répondre de manière optimale aux deuxième et troisième objectifs de la thèse, une recherche-action a été mise en place, adoptant un devis intégré « *Embedded* ». Cette approche mixte combine un volet qualitatif à un design quantitatif quasi expérimental (Lee, 2012).

#### 3.1.2 L'éthique

Le comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC) a approuvé cette recherche (CER 2020-393). Avant de démarrer le co-développement de l'outil d'APA, un formulaire d'informations et de consentement électronique a été d'abord été signé par les praticiens du milieu scolaire, puis par les enfants impliqués dans l'étude et leurs parents. L'étude a respecté les directives de santé publique liées à la pandémie de COVID-19, avec l'autorisation du comité COVID-19 de l'UQAC et de la direction du centre de service scolaire impliqué dans l'étude. Les participants ont été informés de ces mesures préventives dans le formulaire d'informations et de consentement.

#### 3.1.3 Le recrutement des participants

Dans le processus de recrutement des participants, nous avons choisi de nous concentrer sur un seul niveau scolaire pour plusieurs raisons importantes. Tout d'abord, cela nous a permis de concevoir un outil d'APA avec du contenu pédagogique spécifiquement ciblé pour ce niveau, en tenant compte des stratégies pédagogiques et des besoins éducatifs propres à cette tranche d'âge. En concentrant notre attention sur un seul niveau scolaire, nous avons l'occasion d'élaborer un programme d'APA plus adapté pour les élèves en impliquant plusieurs enseignantes et enseignants de ce même niveau scolaire (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020). Ensuite, en regroupant des participants d'âge similaire, nous souhaitons faciliter l'évaluation et l'interprétation des données relatives au développement de l'enfant (Bouchard, 2022).

Le choix de classes de quatrième année s'est principalement justifié par notre intérêt spécifique concernant le TDAH. En ciblant ce groupe d'âge, nous avons pu inclure un échantillon plus important d'enfants ayant reçu un diagnostic de TDAH. En effet, les enfants présentant des symptômes de TDAH sont

souvent évalués à un plus jeune âge, et le diagnostic est généralement posé pendant l'enfance ou l'adolescence précoce, soit entre 7 et 12 ans (Polanczyk et al., 2010). De plus, l'APA en classe est particulièrement adaptée pour ce niveau scolaire, étant donné que l'intégration de l'AP est davantage privilégiée au 1er et 2e cycles du primaire par rapport au 3e cycle (Laberge et al., 2019).

#### 3.1.3.1 Recrutement des praticiens du milieu scolaire

Cette étude a été réalisée en étroite collaboration avec le Centre de services scolaire du Lac-Saint-Jean (CSSLSJ), situé dans une région rurale du Québec, au Canada. Le CSSLSJ est fermement convaincu des bienfaits de la pratique de l'AP et s'est montré très enthousiaste à l'idée de participer à cette étude. La direction a activement soutenu la libération de ses employés pour participer à la conception de l'outil et a mis à disposition des espaces pour la collecte de données.

Le processus de recrutement s'est déroulé en plusieurs étapes. Tout d'abord, tous les enseignantes et enseignants de quatrième année du CSSLSJ ont été invités par leurs directions à exprimer leur intérêt à participer à l'étude sur la base du principe du premier arrivé. Quatre enseignantes, provenant de trois écoles différentes, ont manifesté leur intérêt. Avec l'approbation de leur direction d'établissement, ces enseignantes titulaires ainsi que les enseignants d'EPS de ces trois écoles ont été conviés à assister à une séance d'information initiale. Ils et elles ont tous donné leur consentement pour participer à l'étude, qui consistait à la fois à co-développer un outil d'APA et à le déployer dans les classes.

#### 3.1.3.2 Le recrutement des élèves et de leurs parents

Les élèves (et leurs parents) des quatre enseignantes impliquées dans l'étude ont ensuite été invités à remplir un formulaire d'informations et de consentement. Seules les données des élèves ayant donné leur consentement et répondant aux critères d'inclusion ont été incluses dans l'analyse. Ces critères comprenaient a) des élèves âgés de 9 à 11 ans, b) des élèves maîtrisant le français et c) sans contre-indications médicales à l'AP.

Au total, 99 élèves ont participé au programme PAL, dont 83 ont donné leur consentement. Cependant, un participant a changé d'école avant la collecte des données et a été exclu, ce qui a donné une taille d'échantillon final de 82 élèves (37 garçons et 45 filles, âgés de  $9,8 \pm 0,4$  ans) pour l'analyse des données.

### 3.1.4 Les procédures

La recherche-action a été divisée en deux phases principales. La première phase, consacrée à la conception de l'outil, s'est déroulée d'octobre 2019 à octobre 2020. La seconde phase, centrée sur le déploiement en classe, a eu lieu de janvier 2021 à mai 2021. Pendant cette période, l'outil d'APA a été mis en pratique dans les classes des enseignantes. Des données ont ensuite été recueillies pour mesurer les processus de co-développement et de déploiement en classe, ainsi que l'efficacité globale de l'outil d'APA.

Le fil temporel de l'étude, illustrant les étapes clés de chaque phase, est présenté de manière graphique dans le chapitre cinq. Cette visualisation permet de mieux comprendre la chronologie des activités de recherche et les liens entre les différentes étapes du projet.

#### 3.1.4.1 La conception de l'outil d'APA

Afin d'atteindre l'objectif de recherche lié à la conception de l'outil d'APA, nous avons mis en œuvre un processus de co-développement en étroite collaboration avec les praticiens du milieu scolaire, notamment les enseignantes titulaires et les enseignants d'EPS. Cette collaboration active était essentielle pour assurer la pertinence, l'efficacité et l'accessibilité de l'outil PAL dans le contexte scolaire québécois (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020).

Nous avons choisi d'adopter une approche de recherche-action participative, fréquemment utilisée dans le domaine de l'éducation (Burns et McPherson, 2017; Efron et Ravid, 2019). Le co-développement s'est appuyé sur le concept du *Design Thinking*, un processus itératif qui favorise la créativité, l'innovation et l'implication des utilisateurs finaux dès les phases initiales de conception (Kochanowska et Gagliardi, 2022). Cette approche a permis d'intégrer les perspectives et les besoins des enseignants et des spécialistes en EPS dans la conception de l'outil, tout en tenant compte des particularités du contexte scolaire et des élèves ciblés.

Les étapes de co-développement ont été rigoureusement planifiées et ont impliqué des réunions régulières avec les enseignants. Des séances de brainstorming, des ateliers de travail collaboratif et des discussions en groupe ont été organisés pour échanger des idées, développer des prototypes, et affiner progressivement l'outil d'APA en fonction des commentaires et des retours d'expérience des enseignants. Cette approche itérative a permis d'ajuster continuellement l'outil pour qu'il réponde aux besoins spécifiques des élèves et des enseignants, en optimisant l'expérience d'apprentissage et l'engagement des

élèves dans l'APA. Le processus de *Design Thinking* et le déroulement de chaque séance de codéveloppement sont détaillés de manière exhaustive dans le chapitre 5.

#### 3.1.4.2 L'évaluation des processus de co-développement et de déploiement en classe

Suite au déploiement de l'outil d'APA en classe, d'une durée de 8 semaines à raison de 3 séances par semaines, les enseignantes titulaires et les enseignants en EPS ont été interrogés afin de recueillir leurs perceptions quant aux processus de co-développement et d'implantation de l'outil (Brown et Danaher, 2019; Creswell et Creswell, 2017). Cette démarche visait à évaluer leur expérience, ainsi qu'à anticiper d'éventuelles améliorations à apporter à l'outil. Pour ce faire, des entrevues semi-dirigées ont été menées en dyade avec les enseignantes (deux groupes) et en triade avec les enseignants en EPS (un groupe). En complément des entrevues, les enseignantes titulaires ont également été invitées à remplir une grille d'observation à chaque séance d'utilisation de l'outil. Cette grille d'observation leur permettait de consigner les éléments à corriger, de noter des commentaires et de signaler les élèves absents lors de chaque séance. Cette approche de collecte de données supplémentaires s'avère pertinente pour suivre de près l'évolution du processus de déploiement en classe, identifier rapidement les ajustements nécessaires et maintenir la qualité de la mise en œuvre de l'outil d'APA (Lindberg et al., 2011).

De même, les élèves ont été activement impliqués dans le processus d'évaluation. Des groupes de discussion (focus group) ont été organisés avec les élèves pour recueillir leurs appréciations concernant l'outil. Ils ont été encouragés à partager ce qu'ils appréciaient le plus, ce qu'ils appréciaient moins et à proposer des suggestions pour améliorer l'outil à l'avenir (Gibson, 2007). En raison du manque de locaux disponibles dans les écoles pour rencontrer les élèves en petits groupes, dû à la COVID-19, les discussions ont été menées directement dans la classe des titulaires, avec tous les élèves réunis. Ces entretiens ont eu lieu dans la semaine suivant la fin de l'utilisation de l'outil en classe.

Les détails sur la procédure et les outils utilisés pour ces entretiens et les groupes de discussion sont décrits de manière claire et exhaustive au chapitre cinq de la thèse.

#### 3.1.4.3 L'évaluation de l'efficacité de l'outil

Une étude croisée (2 groupes x 2 périodes) a été priorisée pour plusieurs raisons. D'abord, cette conception permet d'allouer de façon aléatoire chaque classe dans les deux conditions de l'essai (Rietbergen et Moerbeek, 2011). Ce type d'étude, incluant une séquence d'intervention croisée, garantit

également que toutes les classes peuvent bénéficier de l'outil, permettant une comparaison valide et équitable des résultats entre les classes. Les classes ont donc été assignées aléatoirement à l'une des deux conditions pendant huit semaines avant de changer de groupe. Le groupe 1 (classes 1 et 2) a expérimenté l'outil d'APA en premier, suivi d'une condition de contrôle sans contact, tandis que le groupe 2 (classes 3 et 4) a commencé avec une condition de contrôle sans contact avant d'expérimenter l'outil d'APA en classe. Cette conception est spécifiquement adaptée au contexte scolaire et offre un cadre méthodologique solide pour évaluer les variations potentielles entre les groupes, minimisant les biais liés à des facteurs externes.

Les variables dépendantes et indépendantes, les batteries d'évaluation utilisés et les procédures sont détaillées au chapitre 6 de la thèse.

### 3.1.5 Les analyses statistiques

Les données qualitatives ont été analysées à l'aide d'une approche inductive, permettant l'émergence de thèmes et de catégories pertinents relatifs à l'expérience des participants (Paillé et Mucchielli, 2021). Cette approche a permis de donner une voix aux participants et d'explorer en profondeur leurs perceptions et leurs expériences liées à l'utilisation de l'outil d'APA. Pour plus de détails sur cette analyse, se référer au chapitre cinq.

Les données quantitatives portant sur l'efficacité de l'outil ont été analysées par analyse de la covariance (ANCOVA), permettant d'évaluer l'effet de l'outil d'APA sur le DGE et les symptômes du TDAH, tout en contrôlant les effets de certaines variables indépendantes (Sawilowsky et Sawilowsky, 2007). Pour plus de détails sur cette analyse, se référer au chapitre six.

L'interprétation des résultats obtenus à la fois qualitativement et quantitativement est présentée dans la discussion, au chapitre 7. Cela permet de mettre en évidence les convergences et les divergences entre ces deux types de données, en utilisant la triangulation des données (Gibson, 2017). Cette approche permet de mieux comprendre les différentes facettes de l'étude et d'obtenir une vision plus complète du phénomène étudié. La combinaison des données qualitatives et quantitatives renforce la validité et la fiabilité des conclusions de l'étude, en permettant de considérer les différentes perspectives et de saisir les nuances et les contradictions éventuelles dans les résultats (Gibson, 2017).

**CHAPITRE 4**  
**LES BIENFAITS DE L'ACTIVITÉ PHYSIQUE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES ENFANTS AYANT UN**  
**TDAH. UNE REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE**

*Article publié dans la revue Neuropsychologie Clinique et Appliquée*

Référence :

Simard, L., Fortin, A., Bouchard, J., Chevrette, T. & Lavallière, M. (2023). Les bienfaits de l'activité physique sur le développement des enfants ayant un TDAH. Une revue systématique de la littérature. *Neuropsychologie clinique et appliquée*. <http://ncacn.umontreal.ca/page53.html>

#### 4.1 Résumé

Le trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) a une incidence sur tous les domaines du développement global de l'enfant : cognitif, physique/moteur, social, affectif et langagier. Dans la littérature scientifique, la pratique d'activités physiques (AP) est une avenue de plus en plus envisagée pour pallier ce problème. Cet article propose donc une synthèse de la littérature scientifique portant sur les bénéfices de l'AP sur le développement global des enfants ayant un TDAH. À la suite d'une recherche par mots clés, trois lecteurs indépendants ont sélectionné les études d'intervention randomisées contrôlées et quasi contrôlées. Sur 987 articles identifiés, 28 ont été incluses dans la revue. Les résultats démontrent que l'AP influence positivement le développement des fonctions cognitives et de la motricité, en plus d'atténuer les symptômes d'inattention et d'hyperactivité. En conclusion, l'AP s'avère bénéfique au développement global de l'enfant ayant un TDAH et une pratique régulière devrait donc être encouragée.

**Mots-clés :**

TDAH, Inattention, Hyperactivité, Activités physiques, Développement global

## 4.2 Introduction

Depuis quelques années, le taux de diagnostic du trouble déficitaire de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) est en constante augmentation (Polanczyk et al., 2014)). Au Québec, la prévalence du TDAH a plus que triplé entre 1999 et 2012 (Vasiliadis et al., 2017). Selon les plus récentes statistiques québécoises, c'est 11,3 % des enfants d'âge scolaire qui ont un diagnostic de TDAH (Diallo et al., 2019).

Par définition, le TDAH est un trouble neurodéveloppemental caractérisé par des symptômes d'hyperactivité, d'impulsivité ou d'inattention, qui interfèrent avec le développement global de l'enfant et pouvant affecter son fonctionnement au quotidien (APA, 2015). Selon Bouchard et Fréchette (2010), le développement de l'enfant est un processus global qui réfère à cinq domaines dont les trajectoires sont interreliées : cognitif, physique/moteur, social, affectif et langagier. Pour qu'un enfant développe son plein potentiel et qu'il puisse bien fonctionner dans les contextes sociaux et familiaux, il doit avoir l'occasion de se développer dans tous ces domaines (Bouchard et Fréchette, 2010). Or, les exemples suivants font état des multiples conséquences du TDAH sur la trajectoire de développement de chacun de ces domaines.

Pour le domaine cognitif, des études d'imagerie indiquent un retard de développement du cortex préfrontal chez les enfants ayant un TDAH (Hoogman et al., 2019; Shaw et al., 2007). Ces retards de maturation peuvent expliquer, en partie, l'altération des fonctions exécutives et la présence des symptômes observés chez cette population (Hoogman et al., 2019). Sur le plan physique/moteur, plus de 50 % des enfants ayant un diagnostic de TDAH éprouvent d'importantes difficultés motrices (Kaiser et al., 2015; Simard, 2018). C'est également plus de la moitié de ces enfants qui ont de la difficulté dans leurs relations avec les pairs, causée principalement par des déficits sociocognitifs (Verret et al., 2016). Du point de vue affectif, ces enfants présentent souvent un déséquilibre affectif qui se traduit par une lacune sur le plan de l'autorégulation émotionnelle (Wehmeier et al., 2010). Enfin, on observe, chez cette population, des difficultés de langage expressif, réceptif et pragmatique (Ouellet, 2010).

Les altérations énumérées ci-dessus peuvent se manifester par divers troubles du comportement (Wahlstedt et al., 2008), des difficultés d'apprentissage (DuPaul et Volpe, 2009) et encore des difficultés sociales (Harpin et al., 2016), pour ne nommer que ceux-ci. Considérant la forte prévalence du TDAH et ses importantes répercussions, il importe d'identifier des interventions visant à optimiser le développement global et le fonctionnement de l'enfant (Wang et al., 2020).

Bien que l'efficacité de la médication psychostimulante pour diminuer les symptômes liés au TDAH ait été démontrée (Faraone et Buitelaar, 2010; Van der Oord et al., 2008), il est axé principalement sur la gestion à court terme, et ce, typiquement durant les journées scolaires (Harpin, 2005). À titre d'intervention complémentaire ou alternative, la pratique d'activités physiques (AP) est une avenue de plus en plus considérée dans la littérature scientifique (Hoza et al., 2016). Ce type d'intervention semble prometteur pour améliorer le fonctionnement cognitif et les habiletés motrices des enfants ayant un diagnostic de TDAH. En effet, une revue systématique rapporte que la pratique d'AP, après une seule séance (pratique ponctuelle) ou suite à plusieurs semaines d'intervention (pratique prolongée), a des effets positifs sur la cognition de ces enfants (Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz, et al., 2018). Plus spécifiquement, on observe une amélioration des fonctions exécutives, notamment la vitesse de traitement de l'information, la mémoire de travail, la planification et la résolution de problèmes. Ces résultats concordent avec ceux rapportés dans une récente revue systématique traitant des impacts fonctionnels de la pratique d'AP dans le traitement du TDAH (Vysniauske et al., 2020). Selon ces auteurs, il y a une relation positive entre la durée des exercices et les effets sur la cognition chez cette population. De plus, ils affirment que la pratique d'AP est favorable à l'amélioration des habiletés motrices chez les enfants ayant un diagnostic de TDAH. Or, il y a beaucoup moins d'évidences rapportées dans la littérature scientifique concernant les effets de la pratique d'AP sur les trois autres domaines du développement global : social, affectif et langagier (Hoza et al., 2016).

Ce manque d'évidences scientifiques identifié dans les revues de la littérature pourrait s'expliquer à la fois par l'absence d'effet sur ces domaines, ou encore par le peu de littérature scientifique (voir l'absence) en lien avec l'impact de l'AP sur ces mêmes domaines. D'ailleurs, aucune revue systématique ne s'est intéressée à ce jour aux effets de la pratique d'AP sur les cinq domaines du développement global (Bouchard et Fréchette, 2010).

Cet article vise donc à documenter les effets de la pratique d'AP sur le développement global des enfants ayant un diagnostic de TDAH, en y incluant les cinq domaines suggérés par Bouchard et Fréchette (2010). Précisément, la question de recherche de cette revue systématique est la suivante : quels sont les effets d'une intervention visant la pratique d'AP chez les enfants ayant un diagnostic de TDAH, lorsque comparés à une absence d'intervention ou encore à une intervention de type cognitive, sur les cinq domaines du développement global ?

### 4.3 Méthodologie

La conception de cette revue systématique s'appuie sur les lignes directrices émises par PRISMA (Liberati et al., 2009). Cette méthode est scientifiquement transparente, reproductible et utile pour générer une analyse approfondie de la littérature scientifique. La question de recherche a été cartographiée à l'aide de l'approche PICO (Schardt et al., 2007) (population [P], intervention [I], comparaison [C] et résultats [outcomes] [O]) de la façon suivante : chez les enfants (cinq à dix-huit ans) ayant un diagnostic de TDAH (P), quels sont les effets d'une intervention d'AP (I), lorsque comparés à une absence d'intervention ou encore à une intervention de type cognitive (C), sur les cinq domaines du développement global (O).

Les mots-clés utilisés pour la recension des articles dans les bases de données (Pubmed, Medline, Academic search complete, Education source, ERIC, SPORTDiscus with full text, Web of science et Cochrane) étaient les suivants : "Attention Deficit Disorder with Hyperactivity" OR "ADHD" AND "Aerobic Exercise" OR "Physical Fitness" OR "physical training" OR "physical activity" OR "physical activities".

Le premier tri des enregistrements obtenus par la recherche s'est effectué en double aveugle par trois chercheurs à l'aide de l'outil Web Rayyan (Kellermeyer et al., 2018). Cet outil permet de réduire le temps alloué au filtrage des recherches tout en permettant la possibilité de collaborer sur la même révision. La procédure consistait à ajouter les articles obtenus lors de la recherche par mots-clés dans l'outil Rayyan, créant ainsi une liste comprenant le titre et le résumé de chacun des articles. Deux chercheurs devaient ensuite évaluer si les articles correspondaient aux critères d'inclusion et d'exclusion établis (voir Tableau 4.1). À la suite de cette procédure, seuls les articles évalués positivement par les deux chercheurs étaient conservés. En cas de conflits, le troisième chercheur intervenait afin de prendre une décision définitive sur l'article. Les articles complets ainsi retenus étaient ensuite évalués à l'aide de la grille d'analyse standardisée QualSyst qui permet d'évaluer la qualité méthodologique (Kmet et al., 2004). Cette étape a également été réalisée en double aveugle par trois chercheurs dans le but d'enrayer un maximum de biais. Il s'agit d'une grille quantitative qui comprend 14 questions à choix de réponses [oui = 2 points ; partiel = 1 point et non = 0 point] notées par deux chercheurs. Les questions portent sur différentes modalités des articles afin d'évaluer si les éléments importants d'une recherche y sont mentionnés et assez bien justifiés (objectif, design, sélection des groupes, biais). La somme des réponses est calculée, puis divisée par le nombre de questions applicables. Les études ayant un résultat supérieur ou égal à 0,55, considérées de bonne qualité méthodologique, ont été sélectionnées pour la présente revue systématique. En cas de

conflit, le troisième chercheur intervenait afin de prendre une décision définitive sur l'article (Kmet et al., 2004).

Tableau 4.1 Critères d'inclusion et d'exclusion des études

<b>Critères d'inclusion</b>	
Population	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfants et adolescents (4 à 17 ans) ayant un diagnostic de TDAH</li> </ul>
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme d'activités physiques (prolongée ou ponctuelle)</li> </ul>
Comparateur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence d'intervention</li> <li>• Intervention autre que la pratique d'activités physiques</li> </ul>
Résultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Domaine cognitif, physique et moteur, social, affectif et/ou langagier</li> <li>• Symptômes TDAH (inattention et/ou hyperactivité-impulsivité)</li> </ul>
Types de publication	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Études contrôlées expérimentales ou quasi expérimentales (parallèles ou croisées)</li> <li>• Articles originaux publiés dans des journaux révisés par les pairs entre 2001 et 2020</li> </ul>
Qualité méthodologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne (Qualsyst <math>\geq</math> 0,55)</li> </ul>
Langue	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anglais Français</li> </ul>
<b>Critères d'exclusion</b>	
Population	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adulte (<math>\geq</math> 18 ans)</li> <li>• Présentant diverses conditions de santé [ex. : TDAH et autisme]</li> </ul>
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autre que l'activité physique</li> <li>• Activité physique combinée avec un autre type d'intervention (ex. : engagement cognitif soutenu ou thérapie cognitivo-comportementale) ou avec un changement du traitement pharmacologique;</li> <li>• Pas suffisamment détaillée [fréquence, durée, intensité, type].</li> </ul>
Types de publication	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mémoires de maîtrise et thèses doctorales</li> <li>• Articles de journaux non révisés par les pairs</li> <li>• Études de cas</li> <li>• Revues systématiques et méta-analyses</li> </ul>
Qualité méthodologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible et moyenne (Qualsyst <math>&lt;</math> 0,55)</li> </ul>

Les résultats de chaque article ont ensuite été extraits et regroupés en fonction de deux types d'intervention, soient : 1) une pratique prolongée d'AP (programme d'une durée minimale de trois semaines) ou 2) une pratique ponctuelle d'AP (une seule séance d'AP). Par la suite, un classement selon les cinq domaines de développement a été effectué : cognitif, physique et moteur, social, affectif et langagier.

Pour chaque type d'intervention, une description de la population (tableaux 4.2 et 4.5), des modalités d'intervention (tableaux 4.3 et 4.6) et des batteries de tests utilisées (tableaux 4.4 et 4.7) ont été détaillées. Les batteries de tests ont été classées par catégories : symptômes du TDAH, cognitif, physique/moteur, social, affectif ou langagier. Prendre note qu'une même batterie de tests pouvait se retrouver dans plus d'une catégorie si elle évaluait plusieurs composantes. Ces catégories sont basées sur le modèle du développement global proposé Bouchard et Fréchette (2010). Ce modèle a été priorisé puisqu'il s'agit du cadre de référence utilisé dans différents ouvrages québécois, notamment par le ministère de l'Éducation et par le ministère de la Famille (Gouvernement du Québec, 2014; Gouvernement du Québec, 2021).

#### 4.4 Résultats

Le diagramme de flux de la revue systématique, présenté à la figure 4.1, décrit les résultats obtenus par la stratégie de recherche. Au total, 987 enregistrements ont été identifiés. Après la suppression de 504 enregistrements dupliqués, le titre et les résumés de 483 articles ont été examinés afin de valider leur pertinence. Ce deuxième tri, effectué en double aveugle par trois chercheurs, a permis d'exclure 373 articles. Au total, 56 articles ont été lus et évalués à l'aide de la grille QualSyst. À cette étape, 28 articles ont été inclus dans la revue systématique. Les 28 autres articles ont été rejetés en raison du type de publication (exemple : thèse [n=4]), de la population (exemple : adultes [n=5]), du type d'intervention (exemple : programme d'AP combiné avec thérapie cognitivo-comportementale) [n=9] ou de la qualité méthodologique des études (QualSyst < 0,55 [n=10]).

Au total, ce sont 18 articles (64 %) qui traitent des effets causés par une pratique prolongée d'AP et 10 articles (36 %) qui traitent des effets d'une pratique ponctuelle d'AP, sur un ou plusieurs domaines du développement global, qui ont été retenus dans cette revue systématique. La figure 4.2 présente le nombre d'articles rapportant des effets pour les domaines cognitif, physique et moteur, social, affectif et langagier, pour chaque type d'intervention (prolongée et ponctuelle).

##### 4.4.1 Les effets de la pratique prolongée d'AP

La synthèse des données extraites des 18 études portant sur les effets de la pratique prolongée d'AP est présentée dans les tableaux 4.2, 4.3 et 4.4, qui correspondent respectivement aux données démographiques, aux modalités d'intervention et aux batteries de tests utilisées dans ces études. Une synthèse générale des effets mesurés pour chaque domaine du développement et pour les symptômes du TDAH est détaillée ci-dessous.

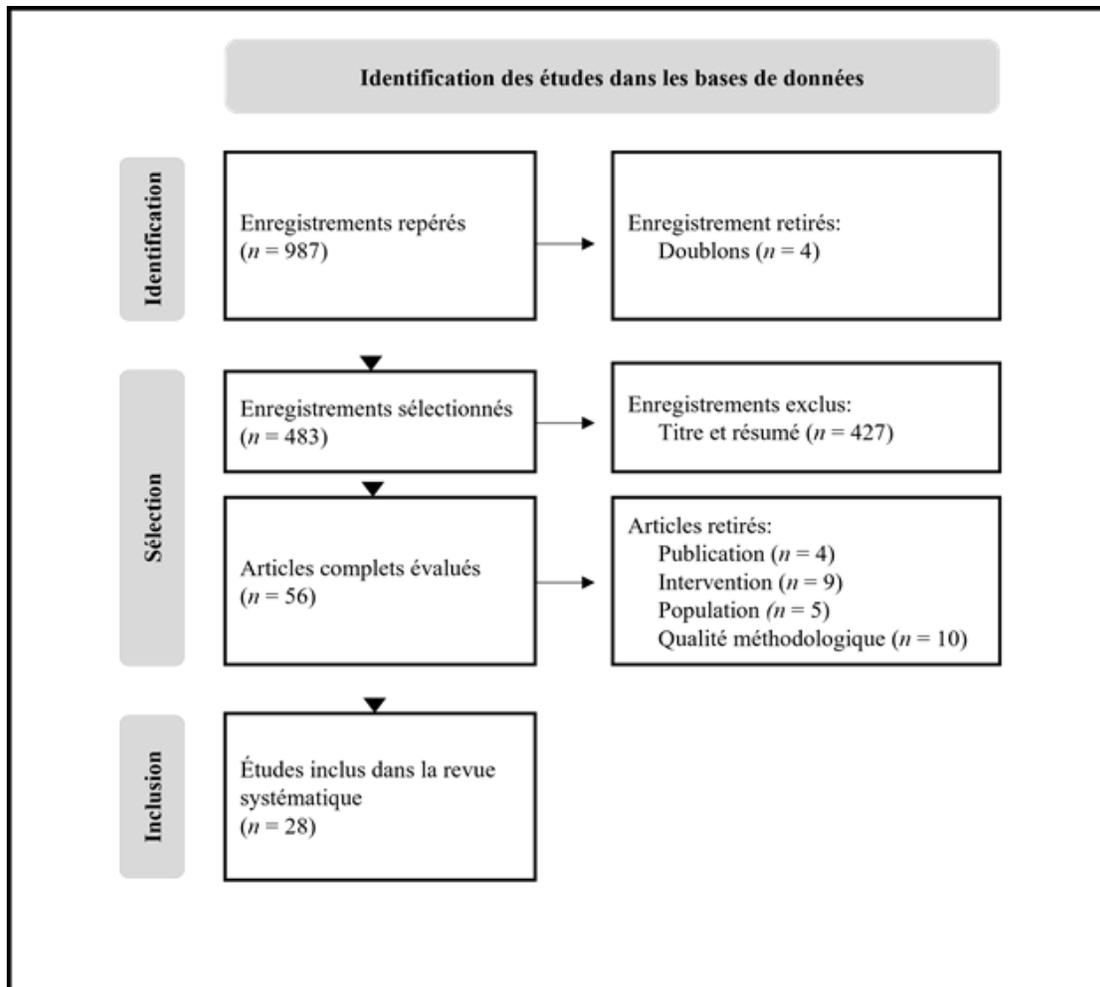


Figure 4.1 Diagramme de flux PRISMA

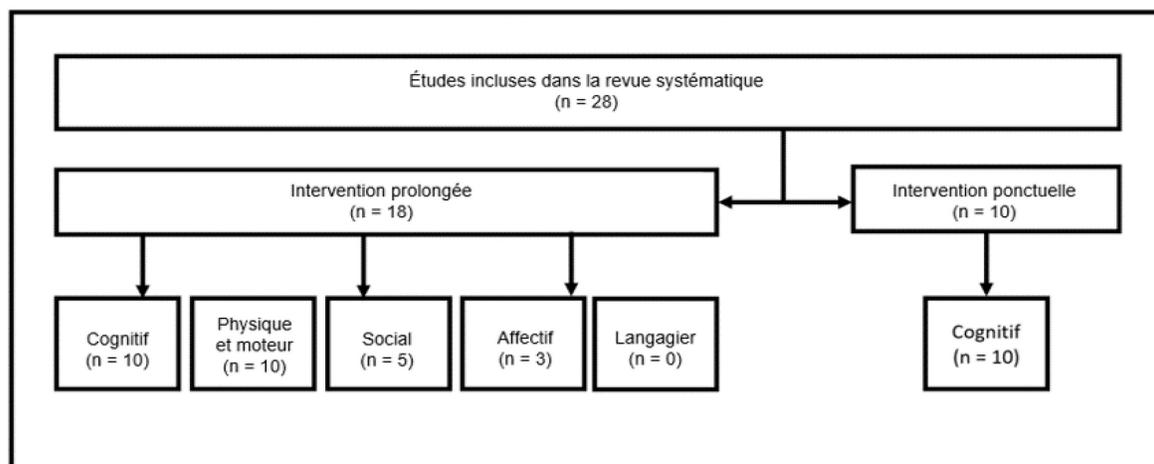


Figure 4.2 Études traitant des effets de la pratique d'activité physique sur les domaines du développement global

#### 4.3.1.1 Les effets de la pratique prolongée d'AP sur les déterminants du domaine cognitif

Sur le plan cognitif, dix études ont évalué l'effet de la pratique prolongée d'AP sur le domaine cognitif, chez des enfants ayant un diagnostic de TDAH. Ces études rapportent des modifications sur les fonctions exécutives (Chang et al., 2014; Chou et Huang, 2017; Da Silva et al., 2019; Hattabi et al., 2019; Jarraya et al., 2019; Kadri et al., 2019; Memarmoghaddam et al., 2016; Verret et al., 2012), sur l'activité cérébrale (Choi et al., 2015; Huang et al., 2017) ou encore sur le taux de certains neurotransmetteurs (Lee et al., 2015).

Les résultats de six études suggèrent que la pratique prolongée d'AP module favorablement trois fonctions cognitives étroitement liées au TDAH, soient l'attention sélective (Chou et Huang, 2017; Da Silva et al., 2019; Hattabi et al., 2019; Jarraya et al., 2019; Kadri et al., 2019; Verret et al., 2012), l'inhibition comportementale (Chang et al., 2014; Chou et Huang, 2017; Memarmoghaddam et al., 2016), et la mémoire de travail (Ziereis et Jansen, 2015).

La pratique d'AP modifierait également le niveau d'activation cérébrale mesurée pendant une tâche cognitive (Choi et al., 2015) et au repos (Huang et al., 2017). Selon les résultats d'une étude menée auprès d'adolescents ayant un diagnostic de TDAH, la pratique d'AP favoriserait l'activation cérébrale de plusieurs zones du cortex, telles que le lobe frontal droit, le lobe temporal droit et le lobe pariétal droit (Choi et al., 2015). Ces auteurs notent également une corrélation entre l'augmentation de l'activation cérébrale dans le lobe frontal droit et une diminution des symptômes liés au TDAH. Huang et al. (2017) ont analysé l'électroencéphalogramme (EEG) de repos chez des adolescents ayant un diagnostic de TDAH réparti dans deux groupes (exercices et contrôle). Les résultats de leur étude suggèrent une diminution du ratio thêta/alpha dans le lobe frontal et dans le sillon central après une pratique prolongée d'AP. Cette diminution serait causée principalement par une augmentation de la puissance alpha, qui pourrait, selon les auteurs, se traduire par une amélioration de la capacité d'attention.

Enfin, Lee et al. (2015) ont comparé les taux d'épinéphrine et de sérotonine entre les enfants ayant un diagnostic de TDAH qui ont participé à un programme prolongé d'AP et ceux d'un groupe contrôle sans pratique d'AP. Comme attendu, leurs travaux montrent une augmentation significative du taux d'épinéphrine après la pratique d'AP, sans changement des taux de sérotonine.

Tableau 4.2 Données démographiques (pratique prolongée)

Références	Pays	Randomisée	N	TDAH (exercice)				TDAH (intervention contrôlée)				Sans TDAH (groupe contrôle)		
				n	g : f	Âge	RX	n	g : f	Âge	RX	n	g : f	Âge
Ahmed et Mohamed, 2011	Arabie Saoudite	Oui	84	42	-	13.9 ±1,6	-	42	-	13.8 ±1,7	-			
Chang et al., 2014	Taiwan	Non	27	14	10 : 4	8.2 ±7,7	7	13	13 : 0	8.8 ±8,3	6			
Choi et al., 2015	Corée du Sud	Oui	30	13	13 : 0	15.9 ±1,2*	13	17	17 : 0	15.9 ±1,2*	-	15	-	16.0 ±1,9
Chou et Huang, 2017	Taiwan	Non	49	24	19 : 5	10.7 ±1,0	10	25	19 : 6	10.3 ±1,1	12			
Da Silva et al., 2019	Brésil	Oui	20	10	8 : 2	12 ±1,0	-	10	6 : 4	12 ±2,0	-			
Hattabi et al., 2019	Tunisie	Non	40	20	17 : 3	9,95 ±1,31	-	20	18 : 2	9,8 ±1,33	-			
Hoza et al., 2015	États-Unis	Oui	202	104	58 : 46	6.8 ±1,0*	0	98	50 : 48	6.8 ±1,0*	0			
Huang et al., 2017	Taiwan	Oui	29	15	11 : 4	7.9 ±1,0	7	14	14 : 0	8.27 ±1,0	6			
Jarraya et al., 2019	Tunisie	Oui	45	15 yoga 15 edu.	ND	5.2 ±0,4*	0	15	ND	5.2 ±0,4*	0			
Kadri et al., 2019	Tunisie	Oui	40	20	18 : 2	14.5 ±3,5	-	20	18 : 2	14.2 ±3,0	-			
Lee et al., 2015	Corée du Sud	Oui	12	6	6 : 0	8.8 ±6,2	0	6	6 : 0	8.8 ±1,0	0			
Mansson et al., 2019	Danemark	Non	128	64	52 : 12	11,4 ±1,4	24	64	57 : 7	11,6 ±1,13	18			
Memarmoghaddam et al., 2016	Iran	Oui	36	19	19 : 0	8.3 ±1,3	0	17	17 : 0	8.3 ±1,3	0			
MeßLay et al., 2018	Allemagne	Oui	28	14	14 : 0	11.0 ±1,0*	5	14	14 : 0	11.0 ±1,0*	4			
Pan et al., 2017	Taiwan	Oui	36	12	12 : 0	9.6 ±2,5	-	12	12 : 0	9.4 ±2,7	-	12	12 : 0	9.6 ±2,5
Taylor et al., 2019	Royaume-Uni	Non	12	6	5 : 1	10-11	-					6	3 : 3	10-11
Verret et al., 2012	Canada	Oui	21	10	9 : 1	9.1 ±1,1*	3	11	10 : 1	9.1 ±1,1*	11			
Ziereis et Jansen, 2015	Allemagne	Oui	43	13	-	9.2 ±1,3	0	14	-	9.6 ±1,6	0	16	-	9.5 ±1,4

Tableau 4.3 Descriptions des modalités d'interventions (pratique prolongée)

Références	Programme d'entraînement					Programme contrôle
	Fréquence	Intensité	Temps		Type	
			# sem.	Min. / séance		
Ahmed et Mohamed, 2011	3	Modérée	10	40-50	Aérobique/musculaire/marche (maison)	Aucune intervention
Chang et al., 2014	2	Modérée	8	90	Aérobique/habilités motrices (en piscine)	Aucune intervention
Choi et al., 2015	3	Faible	4	60	Aérobique/basketball	12 sessions de 50 minutes d'éducation comportementale
Chou et Huang, 2017	2	Faible	8	40	Yoga	Aucune intervention
Da Silva et al., 2019	2	Faible à modérée	8	45	Natation	Aucune intervention
Hattabi et al., 2019	3	Modérée	12	90	Natation	Aucune intervention
Hoza et al., 2015	5	Modérée à élevée	12	31	Exercices en classe	Programme d'art (modalités idem)
Huang et al., 2017	2	Modérée	8	90	Aérobique/habilités motrices (en piscine)	Aucune intervention
Jarraya et al., 2019	2	ND	12	30	Yoga	Groupe éducation physique (modalités idem) Groupe contrôle : aucune intervention
Kadri et al., 2019	2	ND		50	Taekwondo	Activités physiques comme l'athlétisme, le handball et la gymnastique
Lee et al., 2015	3	Faible à modérée	12	60	Aérobique/Exercices avec ballon	Aucune intervention
Mansson et al., 2019	1	Faible	24	20-45	Lancer sur cible	Aucune intervention
Memarmoghaddam et al., 2016	3	Modérée à élevée	8	90	Aérobique/habilités motrices/sports collectifs	Aucune intervention
MeßLay et al., 2018 ;	3	Très élevée	3	16	Aérobique (HIIT)	Aérobique faible à modérée (modalités idem)
Pan et al., 2017	1	ND	12	90	Simulateur de rodéo/aérobique/musculaire/flexibilité	Aucune intervention
Taylor et al., 2019	2	Modérée à élevée	12	40	Exercices variés en gymnase et à l'extérieur	Exercices variés en gymnase et à l'extérieur (modalités idem)
Verret et al., 2012	3	Modérée à élevée	10	45	Aérobique (jogging)/musculaire/habilités motrices	Aucune intervention
Ziereis et Jansen, 2015	1	ND	12	60	Groupe 1 : Sports de coordination main-œil Groupe 2 : Sports sans tangente aérobique	Aucune intervention

Tableau 4.4 Batterie de tests (pratique prolongée)

Références	Tests symptômes TDAH	Tests mesurant les cinq domaines de développement				
		Cognitifs	Physiques	Affectifs	Sociaux	Langagiers
Ahmed et Mohamed, 2011	ADHD-IV Rating Scale					
Chang et al., 2014		Go-No Go Task	Basic Metric Ability Test-Revised			
Choi et al., 2015	ADHD-IV Rating Scale (coréen)	Wisconsin Card Sorting Tes 3 T fMRI				
Chou et Huang, 2017		Vienna Test System (visual pursuit/Determination test)				
Da Silva et al., 2019		Cognitive flexibility Test of trails Selective and alternate attention TAC Cancellation Attention Test	Battery for corporal coordination tests for children Sit-andreach Redressements assis	Child Depression Inventory Beck's inventory adapted Perceived stress scale by Cohen		
Hattabi et al., 2019	Abbreviated questionnaire of Conners (Arabe)	Stroop Test Junior Hayling Test Rey Osterrieth Complex Figure	Maximal (VO2 peak)	Abbreviated questionnaire of Conner—Arabic version		
Hoza et al., 2015	ADHD-IV Rating Scale		PACER	Moodiness Three items		
Huang et al., 2017		EEG				
Jarraya et al., 2019	ADHD-IV Rating Scale	Visual attention test (NEPSY)	Visuomotor Precision Test (NEPSY-II)			
Kadri et al., 2019		Stroop Test Ruff 2 & 7				
Lee et al., 2015		Tests sanguins pour analyse (épinéphrine, sérotonine)	Force de préhension/Redressements assis/Sit and reach Test maximal (VO2max)			
Mansson et al., 2019	ADHD-IV Rating Scale Quantitative Behavioural Test Strengths and Difficulties Questionnaire Kidscreen-27			Strengths and Difficulties Questionnaire Kidscreen-27	Strengths and Difficulties Questionnaire Kidscreen-27	
Memarmoghaddam et al., 2016		Stroop Test Go-No Go Task				
Meßler et al., 2018 ;	ADHD-IV Rating Scale (allemand) KINDL		Sous-maximal (VO2max) M-ABC-II			
Pan et al., 2017			BOT-2/ PACER Push-up/Redressements assis/Endurance lombaire			
Taylor et al., 2019	ADHD-IV Rating Scale					
Verret et al., 2012		Sky Search DT (Test of Everyday Attention for Children)	TGMD-2 CSEP Bruce	Child Behavioral Check-list	Child Behavioral Check- list	
Ziereis et Jansen, 2015		Digit span (forwards/backwards) Letter-number-sequencing task Corsi tapping test	M-ABC			

#### 4.3.1.2 Les effets de la pratique prolongée d'AP sur les déterminants du domaine physique et moteur

Sur le plan physique/moteur, les études rapportent des améliorations de la motricité fine (Jarraya et al., 2019; Meßler et al., 2018; Pan et al., 2017), de la motricité globale (Chang et al., 2014; Da Silva et al., 2019; Meßler et al., 2018; Pan et al., 2017), de l'endurance aérobie (Hattabi et al., 2019; Hoza et al., 2016; Lee et al., 2015; Meßler et al., 2018; Pan et al., 2017; Verret et al., 2012), ainsi que de la force et de l'endurance musculaire (Da Silva et al., 2019; Lee et al., 2015; Pan et al., 2017; Verret et al., 2012). Plus spécifiquement, l'amélioration significative de la motricité fine se situe sur le plan de la coordination visuomotrice (Jarraya et al., 2019; Pan et al., 2017) et de la dextérité manuelle (Pan et al., 2017).

Quant à la motricité globale, les améliorations significatives ont trait aux habiletés de coordination (Chang et al., 2014; Da Silva et al., 2019; Meßler et al., 2018; Pan et al., 2017), d'agilité (Pan et al., 2017) et de locomotion. Au contraire, Zierys et Jansen (2015) n'ont pas obtenu de différence significative entre le groupe expérimental et le groupe contrôle concernant les habiletés motrices après un programme d'exercices moteurs ou aérobiques de 12 semaines.

#### 4.3.1.3 Les effets de la pratique prolongée d'AP sur les déterminants du domaine social

Cinq études abordent les effets de la pratique d'AP sur les déterminants sociaux (Ahmed et Mohamed, 2011; Gohr Månsson et al., 2019; Hoza et al., 2016; Meßler et al., 2018; Verret et al., 2012). Parmi celles-ci, on note une amélioration de la compétence sociale (Meßler et al., 2018) et du comportement avec les pairs (Hoza et al., 2016; Verret et al., 2012) ainsi qu'une diminution des problèmes sociaux (Ahmed et Mohamed, 2011). Dans l'étude de Gohr Månsson et al. (2019), bien qu'il n'y ait pas d'analyse spécifique aux déterminants sociaux, on y rapporte une diminution significative des symptômes généraux, comprenant les problèmes comportementaux et les difficultés de relations avec les pairs, qui sont des concomitances fréquemment liées au TDAH (APA, 2015). Parmi ces études, quatre incluaient une dimension sociale à la pratique d'AP (Gohr Månsson et al., 2019; Hoza et al., 2016; Meßler et al., 2018; Verret et al., 2012). Par exemple, Meßler et al. (2018) utilisaient les jeux de balles ou de groupe à titre d'activité de type aérobie.

#### 4.3.1.4 Les effets de la pratique prolongée d'AP sur les déterminants du domaine affectif

Seulement trois études se sont intéressées aux effets de la pratique prolongée d'AP sur le domaine affectif. Verret et al. (2012) rapportent une diminution des symptômes d'anxiété et de dépression après un programme d'AP de 10 semaines. Hoza et al. (2016) observent une amélioration significative de l'humeur

après un programme d'AP, autant chez les enfants ayant un diagnostic de TDAH que ceux n'en ayant pas. Meßler et al. (2018) suggèrent que la pratique d'AP à haute intensité (95 % de la fréquence cardiaque maximale) permet une plus grande amélioration de la qualité de vie chez les enfants ayant un diagnostic de TDAH lorsque comparée à une pratique d'intensité faible à modérée (70 % de la fréquence cardiaque maximale). Enfin dans l'étude d'Hoza et al. (2016), les problèmes émotionnels faisaient partie des symptômes généraux qui avaient diminués significativement à la suite d'un programme d'AP.

#### 4.3.1.5 Les effets de la pratique prolongée d'AP sur les déterminants du domaine langagier

Parmi les études recensées dans cette revue systématique, une seule s'est intéressée aux effets de la pratique prolongée d'AP sur le domaine langagier. Dans cette étude, Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz, et al. (2018) rapportent une amélioration significative du raisonnement linguistique.

#### 4.3.1.6 Les effets de la pratique prolongée d'AP sur les symptômes liés au TDAH

Au total, huit études (sur les dix-huit recensées) ont évalué l'effet de la pratique prolongée d'AP sur les symptômes liés au TDAH. À ce propos, elles rapportent toutes une diminution significative des symptômes d'inattention, d'hyperactivité et/ou d'impulsivité (Ahmed et Mohamed, 2011; Choi et al., 2015; Gohr Månsson et al., 2019; Hoza et al., 2016; Jarraya et al., 2019; Meßler et al., 2018; Taylor et al., 2019; Verret et al., 2012).

Selon Choi et al. (2015), l'AP pratiquée de façon prolongée augmente l'efficacité de la médication (méthylphénidate) pour réduire les symptômes cliniques liés au TDAH. Selon les résultats de l'étude menée par Jarraya et al. (2019), un programme de yoga serait plus efficace qu'un programme d'éducation physique pour diminuer les symptômes d'hyperactivité-impulsivité et d'inattention. Quant à Hoza et al. (2015), ils indiquent que la diminution des symptômes à la suite d'un programme d'exercices est significativement plus importante chez des enfants ayant des symptômes typiques de TDAH (sans diagnostic), comparativement à des enfants sans symptômes de TDAH. Les résultats de Taylor et al. (2019) vont dans ce sens aussi. Quant à Verret et al. (2012) ainsi qu'Ahmed et Mohamed (2011), ils rapportent une diminution significative des symptômes d'inattention après une pratique prolongée d'AP. Enfin, Taylor et al. (2019) ont observé une diminution significative des symptômes rapportés par les enseignants à la suite d'un programme d'AP adaptées aux enfants avec TDAH. Ces activités étaient intégrées dans les cours d'éducation physique de l'école et administrées par l'enseignant habituel afin d'être inclusives et faciles à implanter en milieu scolaire.

### 4.3.2 Les effets de la pratique ponctuelle d'AP

La synthèse des données extraites des 10 études portant sur les effets de la pratique ponctuelle d'AP est présentée dans les tableaux 4.5, 4.6 et 4.7, qui correspondent respectivement aux données démographiques, aux modalités d'intervention et aux batteries de tests utilisées dans ces études. Celles-ci portent exclusivement sur les effets relatifs au domaine cognitif dont la synthèse générale est détaillée ci-dessous.

#### 4.3.2.1 Les effets d'une séance d'AP sur les déterminants du domaine cognitif

Parmi les effets de la pratique ponctuelle d'AP sur la cognition, on note une amélioration des fonctions cognitives telles que l'inhibition, la flexibilité mentale, l'attention, la vitesse de traitement et la concentration (Ludyga et al., 2017; Ludyga et al., 2020; Medina et al., 2010; Miklós et al., 2020; Piepmeier et al., 2015; Pontifex et al., 2013; Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz, et al., 2018) une augmentation de l'activation cérébrale (Huang et al., 2017; Hung et al., 2016; Ludyga et al., 2017; Pontifex et al., 2013), une amélioration de l'activité dopaminergique cérébrale (Tantillo et al., 2002), ainsi qu'une amélioration des performances en lecture (Pontifex et al., 2013; Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz, et al., 2018) et en mathématiques (Pontifex et al., 2013).

En ce qui a trait aux fonctions cognitives, trois études notent une amélioration significative de l'inhibition comportementale après un exercice aérobique (Ludyga et al., 2017; Piepmeier et al., 2015; Pontifex et al., 2013). Selon Ludyga et al. (2017), l'exercice aérobique est plus efficace que l'exercice de coordination à ce niveau. Quatre articles rapportent aussi une amélioration de l'attention (Ludyga et al., 2017; Medina et al., 2010; Miklós et al., 2020; Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz, et al., 2018). Pour la flexibilité mentale, les résultats varient selon les études. Ludyga et al. (2020) ont noté une amélioration significative tandis que Piepmeier et al. (2015) ne rapportent aucune modification significative après une séance d'exercices aérobiques. Également, ces derniers ne rapportent aucun changement pour la planification après un exercice aérobique. Enfin, Ludyga et al. (2020) rapportent une amélioration de la flexibilité cognitive après 20 minutes d'exercices physiques, comparativement à un groupe contrôle inactif (visionnement d'un documentaire).

Quant aux changements observés à l'EEG de repos à la suite d'une séance d'exercices aérobiques, Huang et al. (2018) rapportent une diminution significative du ratio thêta/bêta, dans le sillon central. Selon ces auteurs, le changement pourrait être associé à une amélioration de l'autocontrôle et de l'inhibition

comportementale. Deux études (Ludyga et al., 2017; Pontifex et al., 2013) ayant évalué l'amplitude du potentiel P300 à l'EEG pendant une tâche d'inhibition (Flanker Test) ont obtenu une amélioration de l'amplitude à la suite de la pratique d'exercices aérobiques. Ludyga et al. (2017) rapportent que cette augmentation est supérieure à celle obtenue après une séance d'exercices de coordination.

Les variations de l'activité dopaminergique ont été étudiées par Tantillo et al. (2002). Selon ces auteurs, la pratique ponctuelle d'AP a un potentiel dopaminergique (augmentation des taux cérébraux) qui aiderait à traiter les symptômes du TDAH. Leurs résultats indiquent que l'intensité de la pratique d'AP influence cette variation dopaminergique. Chez les garçons, elle est plus grande lorsque l'intensité est élevée, tandis que chez les filles, elle est plus grande lorsque l'intensité est modérée.

Selon Medina et al. (2010), la prise de médication psychostimulante n'aurait pas d'influence sur les améliorations observées sur le domaine cognitif. Selon ces auteurs, les fonctions cognitives des enfants ayant un diagnostic de TDAH sont améliorées à la suite d'une pratique ponctuelle d'AP de type aérobique, et ce, indépendamment de la prise de médication.

#### 4.3.3 Similitudes et différences entre les études recensées

Les méthodologies employées dans les études recensées varient quant à l'échantillonnage, aux modalités d'intervention et aux variables mesurées. Pour les études s'intéressant aux effets de la pratique prolongée ces variables sont présentées dans les tableaux 4.2 à 4.4. Pour celles traitant de la pratique ponctuelle d'AP, elles sont présentées dans les tableaux 4.5 à 4.7. Bien que les caractéristiques de ces variables soient assez homogènes, certaines différences entre les études peuvent influencer les résultats.

##### 4.3.3.1 Échantillonnage

Les populations étudiées sont composées d'enfants âgés de sept et seize ans, avec un âge moyen situé majoritairement entre huit et douze ans. À l'exception de trois études (Choi et al., 2015; Pan et al., 2017; Ziareis et Jansen, 2015), l'échantillon est toujours séparé en deux groupes. Dans les études portant sur la pratique prolongée d'AP, les participants sont généralement répartis de façon aléatoire dans le groupe expérimental (pratique d'AP) ou dans le groupe contrôle (sans pratique d'AP). Dans les études portant sur la pratique ponctuelle d'AP, l'échantillon est généralement en fonction du diagnostic de TDAH (avec ou sans TDAH). (Huang et al., 2018; Ludyga et al., 2017; Ludyga et al., 2020; Medina et al., 2010; Miklós et al., 2020; Piepmeier et al., 2015; Pontifex et al., 2013; Tantillo et al., 2002).

Tableau 4.5 Données démographiques (pratique ponctuelle)

Références	Pays	Type d'étude	N	TDAH (Groupe 1)				TDAH (Groupe 2)				Sans TDAH (groupe contrôle)		
				n	g : f	Âge (ans) (ET)	RX	n	g : f	Âge (ET)	RX	n	g : f	Âge (ET)
Huang et al., 2018	Taiwan	Croisée	52	24	24 : 0	9.6 (1,6)	24					28	28 : 0	10.0 (1,1)
Hung et al., 2016	Chine	Croisée	34	34	33 : 1	10.2 (1,7)	14							
Ludya et al., 2017	Suisse	Croisée	34	16	11 : 5	12.8 (1,8)	16					18	10 : 8	13.5 (1,3)
Ludya et al., 2020	Suisse	Croisée	34	16	11 : 5	12.8 (1,8)	16					18	10 : 8	13.5 (1,3)
Medina et al., 2010	Brésil	Parallèle	25	16	16 : 0	9.8 (2,4)	16	9		9.3 (2,9)	0			
Miklos et al., 2020	Hongrie	Parallèle	150	50	45 : 5	8.26 (1,47)	0	50	47 : 3	9.7 (1,78)	50	50	43 : 7	8.68 (1,41)
Piepmeyer et al., 2015	États-Unis	Croisée	32	14	9 : 5	10.1 (2,0)	10					18	11 : 7	11.2 (2,4)
Pontifex et al., 2013	États-Unis	Croisée	40	20	14 : 6	8 à 11	ND					20	14 : 6	9.8 (1,2)
Suarez-Manzano et al., 2018	Espagne	Croisée	21	21	15 : 6	12.0 (3,1)	15							
Tantillo et al., 2002	États-Unis	Croisée	43	18	10 : 8	8 à 12	18					25	11 : 14	8 à 12

Tableau 4.6 Descriptions des modalités d'interventions (pratique ponctuelle)

Références	Programme d'entraînement				Programme contrôle
	Fréquence	Intensité	Temps (minutes/semaine)	Type	
Huang et al., 2018	1	Modérée	30	Exercice aérobique sur tapis roulant	Vidéo de 30 minutes
Hung et al., 2016	1	Modérée	30	Exercice aérobique sur tapis roulant	Vidéo de 30 minutes
Ludyga et al., 2017	1	Modérée	20	Exercice aérobique sur vélo stationnaire	Vidéo de 20 minutes
	1	ND	20	Exercices de coordination et d'équilibre	
Ludyga et al., 2020	1	Modérée	20	Exercice aérobique sur vélo stationnaire	Vidéo de 20 minutes
	1	ND	20	Exercices de coordination et d'équilibre	
Medina et al., 2010	1	Élevée	30	Exercice aérobique sur tapis roulant	
Miklos et al., 2020	1	Modérée à élevée	20	Exercice aérobique sur tapis roulant	Vidéo de 20 minutes
Piepmeier et al., 2015	1	Modérée	30	Exercice aérobique sur vélo stationnaire	Vidéo de 30 minutes
Pontifex et al., 2013	1	Modérée	20	Exercice aérobique sur tapis roulant	Lecture de 20 minutes
Suarez-Manzano et al., 2018	1	Élevée	16	Intervalles de haute intensité (HIIT) 30 sec/30sec d'exercices variés (sauter, lancer, attraper, burpees, échelle, etc.)	Vidéo de 20 minutes
Tantillo et al., 2002	1	Modérée	Variable	Exercice aérobique sur tapis roulant	Repos dans une pièce silencieuse de même durée que le tapis roulant.

Tableau 4.7 Batterie de tests (pratique ponctuelle)

Références	Symptômes TDAH	Tests mesurant les cinq domaines de développement				
		Cognitifs	Physiques	Affectifs	Sociaux	Langagiers
Huang et al., 2018		EEg de repos				
Hung et al., 2016		Switch Task ERP P3-amplitude				
Ludyga et al., 2017		Modified Flanker Task EEG				
Ludyga et al., 2020		Alternate Uses Task	Variabilité cardiaque			
Medina et al., 2010	Conners Continuous Performance Test-II					
Miklos et al., 2020	KiTAP			Mini International Neuropsychiatric Interview for Children and Adolescents		
Piepmeier et al., 2015		Stroop Test Tower of London Trail Making Test				
Pontifex et al., 2013		Eriksen Flanker Task/ERP — P3 amplitude Wide Range Achievement Test (lecture, mathématique et arithmétique)				Wide Range Achievement Test (lecture)
Suarez-Manzano et al., 2018		Brickenmp's d2 Ad hoc tests (mémoire et mathématiques)				Ad hoc tests (lecture et compréhension sémantique)
Tantillo et al., 2002			ASER amplitude/Motor impersistence battery	STAI-C		

#### 4.3.3.2 Modalités d'intervention

Les principales causes d'hétérogénéité entre les études concernent les modalités de pratiques d'AP. La pratique d'AP se définit par ses modalités qui sont la fréquence, la durée, l'intensité et le type d'activités (Liguori et American College of Sports Medicine, 2020).

Dans les études qui ont étudié la pratique prolongée d'AP, la fréquence variait d'une à cinq séances par semaine. Majoritairement, les auteurs ont expérimenté des programmes comprenant deux ou trois séances hebdomadaires (Chan et al., 2014; Chou et Huang, 2017; Huang et al., 2018; Jarraya et al., 2019; Kadri et al., 2019; Da Silva et al., 2019; Taylor et al., 2019).

Pour les études s'intéressant à la pratique ponctuelle, la durée d'AP variait majoritairement entre 20 et 30 minutes (Huang et al., 2017; Ludyga et al., 2020; Piepmeier et al., 2015; Pontifex et al., 2013). En ce qui concerne les études portant sur la pratique prolongée, la durée des AP variait plutôt entre 30 et 90 minutes par séance et la durée de l'expérimentation était généralement comprise entre huit et douze semaines (Ahmed & Mohamed, 2011; Chang et al., 2014; Chou et Huang, 2017; Hattabi et al., 2019; Hoza et al., 2015; Huang et al., 2017; Jarraya et al., 2019; Lee et al., 2015; Memarmoghaddam et al., 2016; Pan et al., 2017; Da Silva et al., 2019; Taylor et al., 2019; Verret et al., 2012; Ziereis et Jansen, 2015).

La majorité des auteurs ont étudié les effets de la pratique d'AP de type aérobique d'intensité modérée (70 à 94 % de la fréquence cardiaque maximale) à élevée (>95 % de la fréquence cardiaque maximale) (Ahmed et Mohamed, 2011; Chang et al., 2014; Hattabi et al., 2019; Huang et al., 2017; Lee et al., 2015; Ludyga et al., 2020; Medina et al., 2010; Memarmoghaddam et al., 2016; Meßler et al., 2018; Piepmeier et al., 2015; Pontifex et al., 2013; Suarez-Manzano et al., 2018; Taylor et al., 2019; Verret et al., 2012).

Parmi les autres types d'AP expérimentées se trouvent des exercices en piscine (Chan et al., 2014; Hattabi et al., 2019; Huang et al., 2017; Da Silva et al., 2019) du taekwondo (Kadri et al., 2019), de la simulation de rodéo (Pan et al., 2017), du yoga (Chou et Huang, 2017; Jarraya et al., 2019), des sports collectifs (Choi et al., 2015; Memarmoghaddam et al., 2016), des activités visant le développement des habiletés motrices (Chan et al., 2014; Huang et al., 2017; Lee et al., 2015; Memarmoghaddam et al., 2016; Verret et al., 2012; Ziereis et Jansen, 2015), des exercices musculaires (Ahmed et Mohamed, 2011; Pan et al., 2017; Verret et al., 2012), des sports de lancer sur une cible (Mansson et al., 2019) et des exercices réalisés en classe (Hoza et al., 2015; Taylor et al., 2019).

#### 4.3.3.3 Rétention des participants

La rétention des participants dans les études est généralement supérieure à 80 %, ce qui est un critère à considérer pour assurer une puissance statistique et une validité interne dans les études (Abshire et al., 2017; Walters et al., 2017). Les auteurs ont attribué les raisons d'attrition des participants à l'absence aux tests (Chan et al., 2014; Choi et al., 2015; Da Silva et al., 2019), à des raisons personnelles (Chou et Huang, 2017; Lee et al., 2015; Da Silva et al., 2019), à l'arrêt de la prise de médication, à des contraintes de bruit pendant la prise de mesures (Huang et al., 2018), à une participation irrégulière au programme d'intervention (Memarmoghaddam et al., 2016) ou à un arrêt de la participation avant la fin du programme d'intervention (Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, Torre-Cruz, et al., 2018).

#### 4.3.3.4 Instrumentation

Les tableaux 4.4 et 4.7 présentent les batteries d'évaluation utilisées dans les études retenues dans cette revue systématique. Celles-ci sont classées en catégories de variables; cognitif, physique/moteur, social, affectif, langagier ou symptômes du TDAH. Il y a une très forte hétérogénéité en ce qui a trait aux outils utilisés pour évaluer les variables liées aux cinq domaines du développement. Il y a cependant certains tests qui sont utilisés plus fréquemment. C'est le cas notamment pour les instruments du domaine cognitif qui visent à mesurer l'activation neuronale, comme l'électroencéphalogramme (Huang et al., 2018; Hung et al., 2016; Ludyga et al., 2017), ou encore, à évaluer les fonctions exécutives, comme le test Go/No Go (Memarmoghaddam et al., Chan et al., 2014; 2016) et le test de Stroop (Hattabi et al., 2019; Kadri et al., 2019; Memarmoghaddam et al., 2016; Piepmeier et al., 2015). Dans le domaine physique/moteur, la condition physique (capacité aérobie) des enfants est majoritairement évaluée par mesure indirecte des échanges gazeux ( $VO_2max$ ) avec un test à paliers progressifs comme le PACER (Hoza et al., 2015; Pan et al., 2017), ou encore, par mesure directe, avec un analyseur de gaz (Hattabi et al., 2019; Lee et al., 2015). Pour évaluer leur motricité, les auteurs ont utilisé le M-ABC (Meßler et al., 2018), le BOT-2 (Pan et al., 2017) ou le TGMD-2 (Verret et al., 2012). Pour évaluer la présence de symptômes liés au TDAH, la plupart des auteurs ont utilisé l'échelle ADHD-IV Rating Scale (REF). Quant aux variables du domaine affectif, elles ont été évaluées à l'aide de questionnaires standardisés, comme le Child Depression Inventory (Da Silva et al., 2019), le Conners (Hattabi et al., 2019), le Child Behavioral Check-list (Verret et al., 2012), le Strengths and Difficulties Questionnaire (Mansson et al., 2019) et le Kidscreen-27 (Mansson et al., 2019). Ces trois derniers questionnaires ont aussi été utilisés par les auteurs pour évaluer des variables liées au domaine social. Enfin, le domaine langagier a été très peu étudié dans les études retenues dans cette revue. Seul Pontifex et al. (2013) ont utilisé un test standardisé, le Wideman Range Achievement, qui évalue la lecture.

Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, Torre-Cruz, et al. (2018) ont plutôt utilisé un test non standardisé pour évaluer la lecture ainsi que la compréhension sémantique.

#### 4.4 Discussion

Cette revue systématique avait comme objectif d'analyser l'influence de la pratique d'AP sur le développement global d'enfants ayant un diagnostic de TDAH. Plus spécifiquement, ce travail s'intéressait aux effets liés à chaque domaine du développement global soient : cognitif, physique/moteur, affectif, social et langagier. À notre connaissance, il s'agit de la seule revue qui s'intéresse aux effets de la pratique d'AP sur tous ces domaines. Au total, 28 articles ont été retenus sur les 928 initialement recensés. De ce nombre, 10 articles traitent d'une pratique ponctuelle d'AP (une seule séance) et 18 articles s'intéressent à la pratique prolongée d'AP (six séances et plus).

Les résultats de cette revue montrent l'importance de la pratique d'AP sur le développement global des enfants ayant un TDAH, particulièrement sur les déterminants liés aux domaines cognitif et physique/moteur. Or, les résultats de cette revue soulignent un manque de données probantes concernant les effets de la pratique d'AP sur le développement social, affectif et langagier. Enfin, la synthèse des données montre l'efficacité d'une intervention d'AP prolongée pour diminuer les symptômes du TDAH, tels que l'inattention, l'hyperactivité et l'impulsivité.

##### 4.4.1 Pratique ponctuelle d'AP

Une seule séance d'exercice aérobique de 20 à 30 minutes d'intensité modérée provoque un effet significativement positif sur les fonctions cognitives (Lambourne et Tomporowski, 2010; Ludyga et al., 2020). La recension des études ne nous permet toutefois pas de conclure s'il y a un effet supérieur lorsque la pratique d'activités est prolongée. Plusieurs mécanismes sous-jacents peuvent expliquer les modifications neuroanatomiques ainsi que les améliorations des fonctions cognitives et exécutives provoquées par la pratique ponctuelle d'AP (Wigal et al., 2013). Notamment, la sécrétion de neurotrophine et de catécholamines (norépinéphrine et dopamine) (Winter et al., 2007). L'augmentation de la norépinéphrine améliore les fonctions cognitives, diminue la distractibilité en plus d'améliorer l'éveil et la mémoire (Winter et al., 2007). L'augmentation des taux cérébraux de dopamine améliore l'attention et facilite l'apprentissage (Wigal et al., 2013). Quant aux neurotrophines, il s'agit de facteurs de croissance impliqués dans la différenciation et la survie des neurones dopaminergiques et dans la neuroplasticité cérébrale (Hyman et al., 1991). La pratique d'AP ponctuelles a un effet dose-réponse sur la sécrétion de

neurotrophine et de catécholamines (Etnier et al., 2016; Janssen et LeBlanc, 2010; Winter et al., 2007). Ainsi, leur taux cérébral est modulé à la hausse par l'augmentation de l'intensité des AP pratiquées. En somme, l'exercice affecte les mêmes systèmes dopaminergiques et noradrénergiques que les médicaments stimulants prescrits dans le traitement du TDAH, ce qui pourrait également expliquer les effets de l'AP sur les symptômes (Wigal et al., 2013). Enfin, l'augmentation du flux sanguin dans le cortex préfrontal, provoquée par la pratique d'AP, favoriserait également le fonctionnement exécutif, à savoir le traitement de l'information et la prise de décision (Lambourne et Tomporowski, 2010). Ces modifications physiologiques pourraient aussi avoir des répercussions positives sur des variables liées au langage, comme la lecture et la sémantique (Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, Torre-Cruz, et al., 2018). Toutefois, il y a trop peu de données à ce sujet dans la littérature scientifique pour en tirer des conclusions hâtives.

#### 4.4.2 Pratique prolongée d'AP

Ce papier s'intéressait particulièrement aux effets de la pratique d'AP sur les cinq domaines du développement global de l'enfant. La prémisse était que les trajectoires de développement des différents domaines sont toutes interreliées (Bouchard et Fréchette, 2010). Ainsi, des améliorations dans un domaine se manifesteraient par des améliorations concomitantes dans les autres domaines (Diamond, 2000).

Pour que des effets soient observables sur le domaine physique/moteur, une intervention prolongée d'AP est requise (Hoza et al., 2015; Verret et al., 2012). Ces effets se manifestent par une amélioration de la condition physique (Hattabi et al., 2019; Hoza et al., 2015; Lee et al., 2015; Meßler et al., 2018; Pan et al., 2017; Da Silva et al., 2019; Verret et al., 2012) et de la motricité (Chan et al., 2014; Jarraya et al., 2019; Meßler et al., 2018; Pan et al., 2017; Da Silva et al., 2019), et ce, après seulement huit semaines d'entraînement (Verret et al., 2012).

Bien qu'il y ait des effets sur les domaines social (Ahmed et Mohamed, 2011; Hoza et al., 2015; Mansson et al., 2019; Meßler et al., 2018; Verret et al., 2012) et affectif (Hoza et al., 2015; Meßler et al., 2018; Verret et al., 2012), les données sont trop limitées pour en tirer des conclusions quant aux modalités d'intervention requises pour influencer positivement leur trajectoire de développement (Hoza et al., 2016).

Contrairement à ce qui était attendu, aucune étude traitant des effets de la pratique prolongée d'AP n'a inclus des mesures liées au domaine langagier. Comme il existe une relation fondée entre le TDAH et le

développement du langage (Ouellet, 2010) et que la pratique ponctuelle d'AP laisse présager des bénéfices (Suarez-Manzano et al., 2018), des recherches approfondies dans ce domaine sont jugées nécessaires.

#### 4.4.3 Comparaison avec la littérature scientifique

Les résultats de cette revue abondent dans le même sens que les résultats de la revue systématique de Suarez-Manzano et al. (2018) et ceux de la méta-analyse effectuée par Vysniauske et al. (2020), en ce qui a trait aux effets sur les domaines cognitifs et physiques/moteur. Or, il s'agit de la seule revue à couvrir l'ensemble des domaines du développement global de l'enfant tel que décrit dans le modèle de Bouchard (2010). En effet, Suarez-Manzano et al. (2018) se sont intéressés aux effets de l'AP sur la cognition et le comportement, tandis que Vysniauske et al. (2020), se sont intéressés aux impacts sur les fonctions exécutives et les habiletés motrices.

#### 4.4.4 Limitations des études incluses dans la revue systématique

À la lecture des articles retenus dans cette revue, certaines limitations ont pu être observées. Celles-ci, liées à l'échantillonnage ou encore aux covariables et variables mesurées, influencent respectivement la validité externe et la validité interne des études.

Tout d'abord, la majorité des études ont été réalisées avec un échantillon de petite taille, variant entre 12 à 49 participants. Seulement trois études avaient un échantillon élevé; 84 participants (Ahmed et Mohamed, 2011), 128 participants (Mansson et al., 2019) et 202 participants (Hoza et al., 2015). Ensuite, la répartition des garçons et des filles n'était généralement pas équivalente entre les groupes expérimentaux et contrôles (Chan et al., 2014; Huang et al., 2018; Mansson et al., 2019), même que l'échantillon de plusieurs études contenait une forte majorité de garçons (Chan et al., 2014; Chou et Huang, 2017; C. J. Huang et al., 2017) voire, seulement des garçons (Huang et al., 2018; Lee et al., 2015; Memarmoghaddam et al., 2016; Pan et al., 2017). Bien que le TDAH soit moins fréquent chez les jeunes filles que chez les garçons, la représentativité du genre féminin dans les études devrait se rapprocher de la prévalence populationnelle, soit du ratio garçon/fille de 3 : 1 (APA, 2015). Bref, la petite taille de l'échantillon et le manque de représentativités du genre féminin représentent d'importants biais, diminuant la généralisation des résultats de cette revue.

Dans un autre ordre d'idée, l'absence de contrôle pour des covariables diminue la validité interne de plusieurs études. Premièrement, seulement six études ont pris en considération le genre dans l'analyse de

leurs résultats (Huang et al., 2017; Lee et al., 2015; Medina et al., 2010; Memarmoghaddam et al., 2016; Meßler et al., 2018; Pan et al., 2017). Or, la présentation des symptômes associés au TDAH entre les filles et les garçons peuvent influencer les résultats. En effet, les garçons sont plus sujets à présenter des symptômes d'hyperactivité, tandis que les filles ont tendance à plutôt avoir des symptômes d'inattention (APA, 2015). D'ailleurs, la majorité des études ne prenait pas en considération les sous-types du TDAH, soit la présentation hyperactive/impulsive, la présentation inattentive ou celle combinée (APA, 2015). Seulement Ludyga et al. (2020) ont sélectionné des participants en se basant sur la présentation des sous-types du TDAH. Il est important de comprendre que les symptômes comportementaux diffèrent entre les sous-types de TDAH. Donc, il est envisageable que, si que la majorité des sujets avaient un certain sous-type de TDAH alors qu'un autre sous-type était évalué, les résultats ne soient pas justes. Enfin, la prise de médication des participants n'était pas contrôlée dans les études identifiées pour cette revue systématique. En effet, plusieurs études incluaient des sujets avec et sans médication dans les groupes expérimentaux et/ou contrôles. Même si Medina et al. (2010) affirment que la prise de médication n'a pas d'influence sur les améliorations cognitives liées à la pratique prolongée d'AP, il serait pertinent de mieux contrôler cette variable qui peut influencer d'autres aspects, tels que la présence de symptômes du TDAH (Choi et al., 2015). Cependant, bien que contrôlée, il ne faut pas exclure le fait que l'adhérence au traitement pharmacologique chez les jeunes présentant un TDAH est très variable (15 à 87 %) (Ahmed et Aslani, 2013).

Dans les futures études s'intéressant aux effets prolongés de la pratique d'AP chez les enfants, il serait également pertinent d'inclure davantage des variables liées aux domaines affectif, social et langagier afin de mieux comprendre les effets directs et indirects d'une telle intervention sur le développement global de l'enfant. De meilleures connaissances à ce sujet permettraient ainsi de préciser le rôle de la pratique d'AP dans le traitement du TDAH et d'ajuster adéquatement les modalités de cette intervention thérapeutique prometteuse.

#### 4.4.5 Limitations inhérentes à la revue systématique

La présente revue systématique compte également quelques limitations à prendre en considération, principalement liées aux critères d'inclusion et à la méthode de recension des écrits.

Tout d'abord, cette revue inclut des populations d'âges variés, comprenant des enfants d'âge scolaire et des adolescents jusqu'à la limite de l'âge adulte. Puisqu'il s'agissait d'une première revue sur le sujet, nous

souhaitions ainsi brosser un portrait global de la situation, indépendamment de l'âge des enfants. Comme le développement est un processus continu comprenant différents stades (Bouchard et Fréchette, 2010), il pourrait être pertinent, dans le futur, de faire une analyse distincte pour chaque groupe d'âge.

Aussi, les programmes étudiés diffèrent beaucoup entre les articles, autant pour le type d'AP (ex. : aérobique, yoga, natation) que pour les modalités d'intervention (fréquence, durée et intensité). L'utilisation de guides de bonnes pratiques ou de consensus comme celui sur l'exercice (Consensus on Exercise Reporting Template [CERT] : Explanation and Elaboration Statement) permettrait une meilleure comparaison des résultats obtenus dans le futur (Slade et al., 2016). Il serait donc pertinent, pour les prochaines revues systématiques sur le sujet, d'inclure davantage de critères d'inclusion et d'exclusion pour générer des résultats plus comparables les uns des autres.

Enfin, nous croyons qu'il sera nécessaire d'effectuer une recherche plus approfondie sur les effets de la pratique d'AP sur les domaines social, affectif et langagier du développement global. Pour cette revue systématique, nous avons choisi des mots-clés permettant d'identifier un maximum d'études liées à la pratique d'AP chez les enfants ayant un diagnostic de TDAH. Or, l'intégration de mots-clés spécifiques à ces trois domaines serait appropriée afin de mieux comprendre les effets de l'AP sur le développement global de l'enfant.

#### 4.5 Conclusion

Cette revue systématique appuie les études précédentes en ce qui concerne les bénéfices associés à la pratique d'AP chez les enfants ayant un diagnostic de TDAH. À la lumière des résultats obtenus, l'augmentation du niveau d'AP est favorable au développement cognitif et physique/moteur, en plus d'aider à réduire les symptômes d'inattention et d'hyperactivité-impulsivité. Or, cette recension systématique pointe vers un besoin d'évidences scientifiques en ce qui a trait aux impacts de l'AP sur le développement social, affectif et langagier des enfants ayant un TDAH. Compte tenu des limites inhérentes à cette revue systématique, il est impossible de se prononcer clairement sur le niveau d'efficacité de la pratique d'AP sur le développement global de l'enfant. À notre connaissance, il s'agit de la première revue à s'intéresser aux impacts de la pratique d'AP sur les cinq domaines identifiés par Bouchard (2010) ; cognitif, physique/moteur, social, affectif et langagier. Des études à plus large échelle sont donc nécessaires afin de préciser les modalités d'intervention en AP et d'assurer une meilleure compréhension des effets de l'AP sur l'ensemble des domaines du développement global, des interactions entre les

domaines et des mécanismes sous-jacents. Ainsi, la communauté scientifique, tout comme la communauté de pratique, bénéficierait de nouvelles connaissances liées à cette approche thérapeutique prometteuse.

#### 4.6 Contributions des auteurs

Tous les auteurs ont lu et approuvé la version finale de ce manuscrit.

#### 4.7 Financement

Ce projet de recherche est en partie financé par l'entremise de la bourse doctorale (L.S.) du Syndicat des chargées et chargés de cours de l'Université du Québec à Chicoutimi.

#### 4.8 Approbation éthique et consentement à participer

Non applicable.

#### 4.9 Consentement pour publication

Non applicable.

#### 4.10 Intérêts concurrents

Les auteurs déclarent ne pas avoir d'intérêts concurrents.

**CHAPITRE 5**  
**PROMOTING PHYSICAL ACTIVITY AND ACADEMIC ACHIEVEMENT THROUGH PHYSICALLY**  
**ACTIVE LEARNING: QUALITATIVE PERSPECTIVES OF CO-DESIGN AND IMPLEMENTATION**  
**PROCESSES**

*Article accepté pour publication dans la revue PLOS ONE*

Référence :

Simard L., Bouchard J., Lavallière M., Chevrette T. (2023) Promoting physical activity and academic achievement through physically active learning: Qualitative perspectives of co-design and implementation processes.

## 5.1 RÉSUMÉ

Cet article propose une analyse qualitative qui traite de la problématique de l'inactivité physique chez les enfants d'âge scolaire. Il met en avant une approche prometteuse pour augmenter les niveaux d'activité physique (AP) en milieu scolaire, à savoir l'apprentissage physiquement actif (APA). L'étude a pour objectif de co-construire un programme d'APA avec des enseignantes et enseignants (n=7) et d'évaluer sa mise en œuvre pendant huit semaines dans quatre classes de 4<sup>e</sup> année du primaire, totalisant 82 élèves. Les résultats obtenus soulignent le potentiel d'intégration de l'AP avec l'apprentissage académique et l'importance de la co-construction de programmes avec les enseignantes et enseignants pour maximiser leur efficacité. Il a été constaté que les outils numériques soutiennent les pratiques d'APA dans le contexte scolaire en favorisant la pratique d'AP et la réussite académique. L'étude souligne la nécessité de poursuivre la recherche pour explorer les implications sociétales des programmes d'APA, y compris leur potentiel pour améliorer la santé et le bien-être des enfants tout en favorisant la réussite éducative.

### **Mots-clés :**

Activité physique, Enfants d'âge scolaire, Apprentissage physiquement actif, Co-construction, Intervention en milieu scolaire

## 5.2 ABSTRACT

This article discussed the issue of low PA levels among school-aged children and highlights the promising approach of school-based interventions, including physically active learning (PAL), to increase PA levels. The study aimed to co-design and to assess the implementation of a PAL program for 8 weeks in 4 elementary classrooms (82 students and 7 teachers), emphasizing the potential of integrating PA with academic learning and the importance of co-designing programs with teachers to maximize their effectiveness. Technology was found to support PAL practices in promoting PA and academic achievement. The study underscores the need for further research to explore the societal implications of PAL programs, including their potential to improve the health and well-being of children while promoting positive academic outcomes.

### **Keywords :**

Physical activity, School-aged children, Physically active learning, Co-design, School-based program

### 5.3 Introduction

Physical activity (PA) is essential for the optimal development and well-being of school-aged children (5 to 17 years old). A strong body of evidence has linked PA to a wide range of health outcomes, including reduced adiposity, improved physical fitness, cognitive function, and mental health (Chaput et al., 2020). Despite the numerous benefits of PA, a significant proportion (67 %) of Canadian school-aged children fail to meet the recommended PA levels of at least 60 minutes per day doing moderate- to vigorous-intensity aerobic PA (MVPA), highlighting the need for effective interventions to increase PA levels in this population (Bull et al., 2020; Colley et al., 2017). School-based PA programs, particularly those involving physically active learning (PAL), have been proposed as a promising approach to increase PA levels in children (Bacon et Lord, 2021; Bartholomew et al., 2018; Bedard et al., 2019; Daly-Smith et al., 2021; Daly-Smith et al., 2018; Kibbe et al., 2011; Martin et Murtagh, 2017; Norris et al., 2020; Pulling Kuhn et al., 2021; Seljebotn et al., 2019; Vander Ploeg et al., 2014).

#### 5.3.1 The PAL programs

The PAL programs are designed to integrate PA with academic content, replacing sedentary classroom activities with active learning strategies that incorporate movement into lessons (Daly-Smith et al., 2021; Norris et al., 2020). Numerous empirical studies have demonstrated the positive impact of this integration on students' cognition (Daly-Smith et al., 2018; Norris et al., 2020), academic achievement (Daly-Smith et al., 2018; Donnelly et al., 2017; Egger et al., 2019; Kibbe et al., 2011; Martin et Murtagh, 2017; Norris et al., 2020), time on task (Bacon et Lord, 2021; Daly-Smith et al., 2018; Grieco et al., 2016; Martin et Murtagh, 2017; Norris et al., 2020), classroom behaviour (Daly-Smith et al., 2018), enjoyment of learning (Bedard et al., 2019; Daly-Smith et al., 2021; Martin et Murtagh, 2017; Mavilidi et al., 2017), and school engagement (Daly-Smith et al., 2018; Mullender-Wijnsma et al., 2016; Norris et al., 2020). PAL programs have also been shown to reduce sedentary time (Seljebotn et al., 2019), improve cardiovascular fitness (Reed et al., 2008; Seljebotn et al., 2019), and potentially contribute to overall better health (Martin et Murtagh, 2017). These school-based programs can be tailored to different age groups and subjects, with participant ages in the studies ranging from 3 to 14 years and encompassed various subjects, including mathematics and spelling (Daly-Smith et al., 2018; Martin et Murtagh, 2017; Norris et al., 2020).

Despite the numerous benefits, there are persistent challenges in implementing PAL program in schools, mainly due to the lack of easily accessible and implementable solutions. The focus on academic performance, combined with limited time constraints and competing priorities, presents obstacles to the

effective integration of PAL (Dyrstad et al., 2018; Quarmby et al., 2019). Teachers may require support and resources to seamlessly incorporate PAL into the curriculum without compromising academic goals (Daly-Smith et al., 2021). Additionally, existing programs may need adaptation to suit local language, cultural, and educational standards, which can hinder successful implementation (Daly-Smith et al., 2021; Kibbe et al., 2011). This is particularly relevant for elementary schools in French-speaking contexts, as most validated programs are in English (Kibbe et al., 2011; Mavilidi et al., 2017; Mullender-Wijnsma et al., 2016). In their day-to-day reality, teachers often face time constraints and may not have sufficient time to plan or adapt content for PAL programs (Daly-Smith et al., 2021; Routen et al., 2018). Consequently, they seek simple solution that require minimal preparation and can be easily implemented (Daly-Smith et al., 2021; Routen et al., 2018).

### 5.3.2 Objective

To address these challenges and develop a program specifically tailored to the needs of French schools in Quebec, this study aimed to co-design a PAL program and evaluate its implementation in fourth-grade classes. The primary objective was to gather valuable feedback and perspectives from both teachers and students, with a specific focus on the co-design and implementation processes. By fostering a collaborative co-design process involving teachers, the program can be customized to meet academic needs, while also reducing barriers to implementation (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Routen, et al., 2020). The study findings have the potential to successfully overcome the challenges faced in implementing PAL interventions, contributing to the design, development, and implementation of future programs. These results hold significant implications for the development of effective school-based PA programs in French-speaking contexts, ultimately fostering improvement in PA levels, health and academic achievement among school-aged children.

### 5.4 Theory

To ensure the effectiveness, feasibility, and alignment with the school's curriculum and mission (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Routen, et al., 2020), the development of the PAL program prioritized a co-design process guided by the underlying theory of the action-research methodology (Burns et McPherson, 2017). This iterative, exploratory, and cyclical process involves collaboration between school practitioners, including teachers, health and physical education teachers (health/pe teachers), and pedagogical advisors, as well as an interdisciplinary research

team comprising experts in kinesiology, neuropsychology, and digital art (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020).

The theoretical foundations of the PAL program are based on key elements from three previously published and validated school-based PA programs: "*Take 10!*", "*FUNtervals*", and "*Fit en Vaardig op school (F&V)*". These programs have contributed to shaping the design of the Cogni-Actif program and Table 5.1 provides a comprehensive overview of their key concepts.

The *Take 10!* program from the United States (Kohl et al., 2001) combines academic instruction with 10 minutes of PA. This program was designed with teachers and education experts and includes specific learning objectives for each topic of academic content. Materials such as characters, posters, cards, and rewards are designed to be attractive, user-friendly, and sustainable for children from 5 to 11 years old. The program is effective in raising children's PA levels and reducing classroom inattentive behaviour and is easily implemented from kindergarten through fifth grade (Goh et al., 2018; Kibbe et al., 2011; Stewart et al., 2004).

The *FUNtervals* program from Canada (Ma et al., 2015) is a PA breaks program without academic content designed for third to fifth grade (8 to 11 years old). It relies on high-intensity interval activities that take only 4 minutes to complete, consisting of 20 seconds of high-intensity activity separated by 10 seconds of rest, repeated 8 times. Interactive storylines are used to motivate children to engage in those activities, which require no equipment and are designed to be accomplished in a classroom. The short duration of the program, its sequences of moderate and vigorous intensity PA, and its effectiveness in improving students' selective attention make it an interesting insight for the design of a PAL program (Ma et al., 2015).

The *F&V* program from Netherlands (Reed et al., 2008) includes 63 physically active academic classroom lessons for second and third grade (7 to 9 years old). Each lesson involves math and language problems performed while engaging in moderate- to vigorous-intensity PA behind or beside the school desk, supported by a presentation on the interactive whiteboard. This intervention resulted in improved math and reading scores. Teachers involved in this study provided sound advice for improving future PAL interventions, indicating that intensive movements should not be paired with challenging academic content to keep students engaged (Reed et al., 2008).

## 5.5 Material and methods

### 5.5.1 Research Design

The Cogni-Actif action-research project employed an embedded experimental design, a mixed-method approach that concurrently incorporated a qualitative component into a quantitative experimental design (Lee, 2012). This research design allowed for a comprehensive assessment of PAL development and deployment.

This article specifically focuses on the qualitative data collected to document the co-design and implementation processes as reported by teachers and students. The analysis of quantitative data regarding the assessment of the PAL program will be present in a separate article.

The co-design of the PAL program adhered to the guidelines of the Double Diamond Design Thinking framework (Design Council, 2019), which facilitated a structured and iterative approach to program design (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020). The school-based implementation followed a cluster-randomized crossover trial, where groups of individuals (classes), rather than individuals themselves, were randomly assigned to different sequences of interventions (PAL program and control), for 8 weeks each (Rietbergen et Moerbeek, 2011; Turner et al., 2017). Detailed explanations of both frameworks will be provided in section 3.5 (Procedures), offering a deeper understanding of their application in the context of this study.

### 5.5.2 Ethics

The University du Québec à Chicoutimi's Research and Ethics Committee (REC-UQAC) approved this research (CER 2020-393). Prior to initiating the co-design of the PAL program, electronic informed consent was obtained from school practitioners, ensuring their involvement and collaboration. Subsequently, the consent of children, and parents was obtained before the implementation of the PAL program. The study adhered to public health guidelines related to the COVID-19 pandemic, with permission from the University COVID-19 Committee and the Lac-Saint-Jean School Service Centre (Québec, Canada). Children and parents were informed of these preventive measures in the informed consent form.

Table 5.1 Key Elements from Three Foundation Programs leading to Cogni-Actif

Key elements	Take 10!	FUNtervals	F&V	Cogni-Actif
PA	10-11 min. of MVPA	Tabata (4 min. of exercises consisting of 8 repetition of 20 seconds of MVPA and 10 sec. of rest)	20 to 30 min. of MVPA. All exercises are simple and can be done behind the desk	10-12 min. of MVPA including 2 Tabata cycles performing simple exercises behind the desk
Academic content	Language, arts, math, science, social studies, and general health based on grade specific content	None, it's a school-based PA break	Language and math	Language and math based on grade specific content
Material support	35 activity cards with clearly PA and learning objectives, 50 work sheets, and 3 tracking posters	Interactive storylines to motivated students to move	63 activities on interactive whiteboard	32 activities on interactive whiteboard, and 32 work sheets
Grade	Grade 1-5	Grade 1-5	Grade 2-3	Grade 4

PA: physical activity; min: minutes; sec: seconds; MVPA: moderate- to vigorous-intensity aerobic PA

### 5.5.3 Sampling, recruitment, and participants

The interventions reported in this study were conducted in three French public elementary schools located in Saguenay-Lac-Saint-Jean, Quebec, Canada. The recruitment process occurred in several steps. Firstly, all fourth-grade teachers (teachers) from Lac-Saint-Jean School Service Center were invited to express their interest in participating in the study on a first-come, first-served basis. Secondly, interested teachers, with the approval of their school principals, attended an initial information session conducted by the first author and the principal investigator of the project. Health/pe teachers from these three schools were also invited to attend the session. Seven participants in total (4 fourth-grade teachers and 3 health/pe teachers) provided consent to participate in the study, which involved co-designing and implementing the program in their classrooms (for the fourth-grade teachers). Thereafter, students and their parents from the four selected classes were asked to complete an informed consent form. Only data from students who provided consent and met the inclusion criteria were included in the analysis. The inclusion criteria comprised a) students aged 9-11 years old, b) students fluent in French, and c) without medical contraindications to PA.

A total of 99 students experienced the PAL program, with 83 students providing informed consent. However, one participant changed schools before data collection and was excluded, resulting in a final sample size of 82 students (boys, n=37; girls, n=45; aged 9.8±0.4 years) for the data analysis (refer to Table 5.2 for a breakdown by classroom). Information on students' age and gender was obtained from an electronic questionnaire completed by parents during the baseline assessment conducted in January 2021.

The decision to focus on fourth-grade classes in this study was based on several considerations. Firstly, it aligns with one of the primary focuses of the Cogni-Actif action-research project, which is to examine the effects of the PAL program specifically in children with ADHD (to be discussed in a separated paper). ADHD is often identified and diagnosed during early to middle childhood [7-12 years), and by fourth-grade (9-10 years), symptoms and challenges associated with ADHD may be more apparent and consistent among students, without the influence of puberty (Larsson et al., 2004; Polanczyk et al., 2010). Additionally, focusing on a specific grade level, such as fourth-grade, allows for a targeted examination of the pedagogical aspects related to the implementation of the PAL program. Each grade level presents unique developmental characteristics and educational needs, and by focusing on fourth-grade, the study can explore the specific pedagogical strategies and adaptations required to effectively engage and support students at this stage of their educational journey (Kibbe et al., 2011).

Table 5.2 Study participants (N = 89)

Schools	Teachers	Health/pe teachers	4 <sup>th</sup> -grade classes students
#1	1	1	25 (12 boys & 13 girls)
#2	1	1	17 (7 boys & 10 girls)
#3	2	1	18 (8 boys & 10 girls)
			22 (9 boys & 13 girls)

Teachers: Fourth-grade teachers; health/pe teachers: health and physical education teachers; 4th-grade classes students: children aged 9-11 years old.

#### 5.5.4 Instruments to assess the PAL program's implantation

Qualitative data was collected through multiple approaches (Creswell et Creswell, 2017), including group semi-structured interviews with teachers (Bearman, 2019; Brown et Danaher, 2019; Creswell et Creswell, 2017; Ritchie et al., 2013), focus groups with students (Creswell et Creswell, 2017; Morra-Imas et al., 2009; Ritchie et al., 2013), and user feedback notes (Przybilla et al., 2018).

#### 5.5.4.1 Semi-structured interviews with teachers

To enhance the design of an impactful PAL program, the active participation of teachers has been acknowledged as a critical factor (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Routen, et al., 2020). To gain valuable insights and perspectives from teachers regarding their experiences with the co-design and implementation of the PAL program, a series of semi-structured interviews were conducted. These interviews took place after the completion of a cluster-randomised crossover trial comprising two 8-week intervention. These interviews followed a predetermined schedule comprising major thematic questions, supplemented with additional inquiries as required (Bearman, 2019). The semi-structured guide (refer to Appendix A) was developed based on a methodological framework, ensuring the inclusion of relevant themes and questions to comprehensively explore teachers' experiences and perspectives (Kallio et al., 2016). By incorporating a carefully selected set of open-ended questions, tailored to capture nuances of participants' experiences, the interview guide provided a rich and in-depth understanding of their perspectives within the study's context (Bearman, 2019).

The interviews were conducted in three separated sessions. Each session included two or three participants, and the duration of each interview ranged from 60 to 90 minutes. The breakdown of participants for each session was as follow: interview #1: n=2 [Teacher #1 & Teacher #2]; interview #2: n=2 [Teacher #3 & Teacher #4]; and interview #3: n=3 [Health/pe teacher #1, Health/pe teacher #2 & Health/pe teacher #3].

Due to COVID-19 pandemic restrictions, the interviews were conducted virtually using Zoom Meeting (Al Balushi, 2016). To ensure the privacy of the participants, a confidentiality statement was provided at the beginning of each interview. The interviews were conducted as informal conversations to create a comfortable and open atmosphere for the participants to share their thoughts and experiences (Bearman, 2019).

As a precautionary measure, the interviews were recorded for verbatim transcription. This allowed the researchers to capture the exact words and expressions used by the participants during the interviews, ensuring accuracy in the analysis and interpretation of the data (Al Balushi, 2016).

The use of a semi-structured interview approach provided flexibility for the researchers to explore additional topics or delve deeper into specific areas of interest based on the responses of the participants (Kallio et al., 2016). By following the suggested protocol and conducting the interviews in a systematic manner, the researchers aimed to gather comprehensive qualitative data that would enrich their understanding of the teachers' perspectives on the PAL program.

#### 5.5.4.2 Focus group with students

The focus groups with students were conducted in their respective classrooms, with each session lasting between 35 to 50 minutes. Four focus groups were performed: Focus group #1, n=25; Focus group #2, n=17; Focus group #3, n=18 & Focus group #4, n=22.

Due to the COVID-19 pandemic and the lack of space in the schools, it was not feasible to form smaller, random groups of students as recommended by Morra-Imas et al. (2009). Instead, convenience-based focus groups were conducted with the entire class as a single group. It should be noted that this approach, driven by practical and logistical considerations, may have limitations in terms of individual interaction and the collection of more nuanced perspectives (Gibson, 2007).

The discussion in the focus groups were guided by themes and sub-themes that were based on the research questions (refer to Appendix B). The moderator, who was the first author of the study, facilitated the discussions and encouraged students to elaborate on their responses. The aim was to create an interactive and engaging environment that allowed students to express their thoughts and opinions freely (Gibson, 2007).

Table 5.3 presents the structure of the focus group discussion, following the guidelines provided by Morra-Imas et al. (2009). Students were encouraged to participate by raising their hands, and the teacher ensured that everyone respected each other's turn to speak. Quieter students were encouraged to share their thoughts and ideas to ensure that all voices were heard. To ensure accurate transcription of the discussions, an Owl video camera and microphone from Owl Labs (US) were used (Gibson, 2007). Additionally, a research assistant was present during the sessions to ensure the proper functioning of the recording equipment and assist with any technical issues that may arise.

The use of focus groups provided an opportunity to gather rich qualitative data by tapping into the perspectives and experiences of the students. The discussions allowed for in-depth exploration of the themes and sub-themes, providing valuable insights into the students' perceptions of the PAL program.

#### 5.5.4.3 Users feedback notes

During each PAL lesson, teacher documented their observations and provided subjective evaluations. To support note-taking, teachers were provided with a grid (refer to Appendix C) that they could adapt as needed. This facilitated the collection of valuable data on students' engagement and teachers' perception of the lesson. These user feedback notes are frequently utilized in the Design Thinking model to evaluate the prototype and anticipate future improvements (Lindberg et al., 2011).

Table 5.3 The Structure of the Focus Group

Phase	Actions
I. Foreword	Moderator puts participants at ease by beginning with ice-breaking questions
	Moderator explains the purpose of the focus group
	Moderator provides ground rules
II. Introduction	Moderator stimulates group interaction and thinking about the topic
	Moderator starts with the least threatening and simplest questions
III. Main body of group discussion	Moderator moves to more threatening or sensitive and complex questions
	Moderator elicits deep responses
	Broad participation is ensured
IV. Closure	Moderator ends with closure-type questions
	Moderator summarizes and refines key themes
	Moderator invites participants to provide final comments, plus anything missed or anything else participants would like the evaluation team to know
	Moderator thanks participants

Adapted from Morra-Imas & al. (2009)

Throughout the documentation process, teachers actively identified elements of the program that they considered inadequate, such as activities with either excessively high or low levels of difficulty. They also took the initiative to propose potential solutions to address these issues, demonstrating their active involvement in improving the program's effectiveness (Lindberg et al., 2011). In addition to identifying areas for improvement in the program design, teachers also reported any technical glitches or visual bugs they encountered during the implementation of the PAL program (Przybilla et al., 2018). This valuable

feedback from class implementation were essential for refining future iterations of the program and striving towards a final solution that ensure a smoother and more engaging experience for both teachers and students (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Lindberg et al., 2011; Przybilla et al., 2018).

The process of taking experimental notes through the observational grid provided teachers with a structured framework to systematically capture relevant information about the PAL lessons. Their insights and feedback played a vital role in refining and optimizing the program, ultimately contributing to its ongoing development and effectiveness.

#### 5.5.5 Procedures

The study timeline consisted of two main phases. The co-design of the PAL program took place from October 2019 to October 2020 (Figure 5.1), involving collaborative efforts to develop and refine the program's structure, content, and implementation strategies. This phase included engaging stakeholders, such as teachers and health/pe teachers to gather input and ensure the program's relevance and effectiveness. Following the co-design phase, the implementation of the PAL program in the classroom occurred from January 2021 to May 2021 (Figure 5.2). During this period, the program was put into practice, with teachers delivering PAL lessons and students actively participating in the activities. Data collection, monitoring, and evaluation took place to assess the program's impact and identify areas for improvement. The timeline allowed for a comprehensive exploration of the PAL program, from its development through to its practical implementation and assessment.

##### 5.5.5.1 Co-design framework (phase 1)

The co-design of the PAL program was a multidisciplinary framework that resulted in constructivist learning (Niinimäki, 2019). As suggest by Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al. (2020), the co-design process was based on the Double-Diamond model from British Design Council (2019), which is an open innovation framework consisting of four phases: *Discover*, *Define*, *Develop* (co-design), and *Deliver* (implementation). Design thinking is a problem-solving approach that has evolved from research on "*designerly thinking*" and is now widely used in education to address complex problems (Panke, 2019). By involving stakeholders in the process, design thinking fosters active engagement of all relevant parties, promoting collaboration and a better understanding of their needs and perspectives (Panke, 2019).

During the first phase (Discover), the research team conducted a scientific literature review to identify an innovative solution to increase PA levels among school-aged children while also improving the development of children with neurodevelopmental disorders, such as attention deficit disorder with or without hyperactivity (Simard et al., 2023), which is a prevalent condition in the study’s region (Diallo et al., 2019).

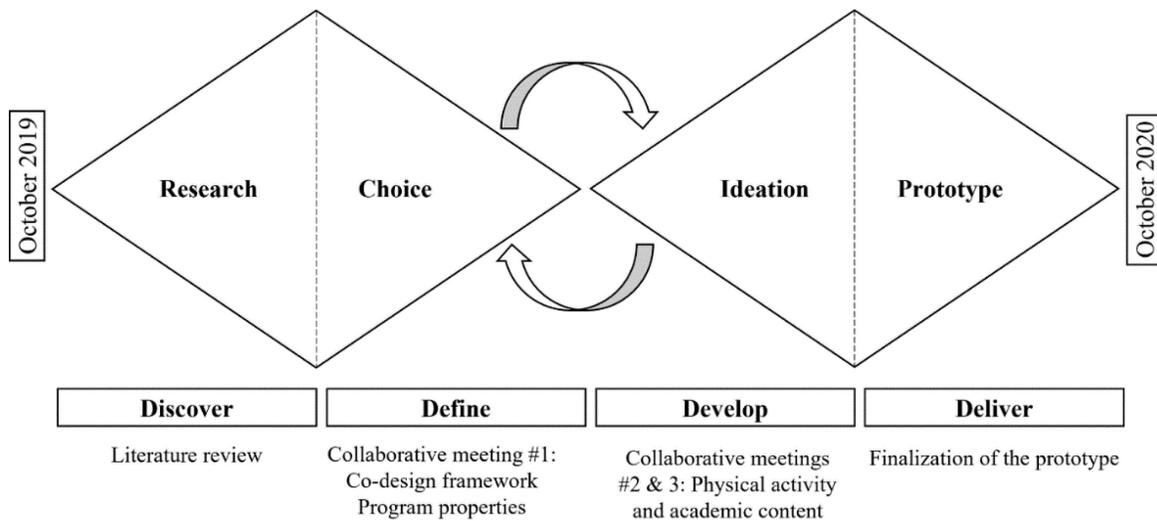


Figure 5.1 Co-design Timeline (phase 1)

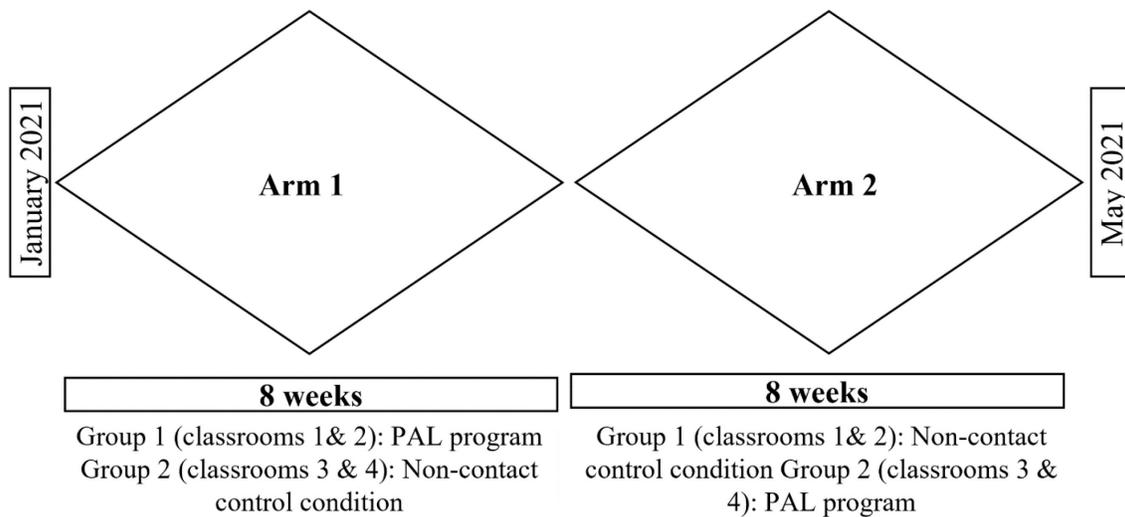


Figure 5.2 Implementation Timeline (phase 2)

The second and third phases (Define & Develop) involved the collaboration of school practitioners, who joined the research team to select from the identified possibilities the PAL program property that would be suitable for the school environment and the teaching curriculum. Three meetings were scheduled, during which school practitioners discussed various topics that were essential to the design process. Table 5.4 summarizes the topics covered during each meeting.

After these meeting, the school practitioners continued to work on a collaborative tool that guided designers in producing different iteration of the PAL program. The final phase (Deliver) involved the finalization of the prototype to be implemented in the phase 2 of the study.

Table 5.4 Co-design planification

Meeting	Themes
1	Study contextualization
	Co-design framework
	PAL's sessions properties
2	Academic themes
	Interactive elements
3	Academic content by theme
	PA & movements content

#### 5.5.5.2 Implementation framework (phase 2)

A two-period, two-sequence (2 x 2) cluster-randomized crossover trial was conducted from January to May 2021, involving four fourth-grade classes with a total of 82 students. The chosen study design, commonly used in classroom intervention studies, has several justifications for its utilization (Donnelly et al., 2017; Mullender-Wijnsma et al., 2016; Seljebotn et al., 2019). Rather than randomizing at the individual level, this approach involves randomization at the group level within clusters, considering the practical constraints of school settings where separating students within the same group may be challenging (Rietbergen et Moerbeek, 2011). By randomizing groups, we ensure a more balanced distribution of student characteristics and uncontrolled variables between the experimental and control groups. This design also guarantees that all groups can experience the program, enabling a valid and equitable comparison of outcomes across different groups.

This clustered study design, with its incorporation of a crossover, is specifically tailored to our context and provides a robust framework for assessing the implementation of the intervention (Reich et Milstone, 2014). The classes were randomly assigned to one of two conditions for eight weeks before switching arms. Group 1 (classes 1 & 2) underwent the PAL program first, followed by a no-contact control condition, while Group 2 (classes 3 & 4) started with a no-contact control condition and then received the PAL program. By employing this design, potential variations between the groups can be controlled, minimizing biases from external factors (Rietbergen et Moerbeek, 2011).

To gather feedback and insights, interviews with teachers and focus groups with students were conducted in the week following the completion of the PAL implementation in their respective classrooms.

### *The PAL program Implementation*

The Cogni-Actif program, developed as part of this study, offers a video capsule-based approach. The program consists of a total of 32 15-minute capsules. Each capsule covers specific lessons in mathematics or French (Table 5.5), based on the curriculum provided by the Quebec Ministry of Education. These lessons were carefully selected by the teachers, prioritizing simple revision content that requires regular practice for effective student memorization (Mullender-Wijnsma et al., 2016).

Ratou, a specially designed virtual character (Matoub, 2023), leads each 15-minute lesson to actively engage students (Fabio et al., 2019). Throughout the lesson, students imitate Ratou's movements as demonstrated in the videos projected on the interactive whiteboard. The lessons follow a consistent sequence, as presented in Table 5.6. They begin with a warm-up that combines physical activity with content review (Dobbins et al., 2013). This is followed by two 4-minute Tabata challenges, during which students alternate between high and low-intensity movements while answering academic questions (Ma et al., 2015). Between the challenges, there is a passive activity period without exercises, where students' complete worksheets related to the lesson's theme (Kibbe et al., 2011). This allows students to rest and consolidate their learning. Each session ended with a guided meditation as a cool-down to ensure students transition smoothly back to their regular school routine (Dobbins et al., 2013).

All the program's movements, as outlined in Table 5.7, are designed to be performed behind the students' desks and were selected by health/pe teachers (Mullender-Wijnsma et al., 2016). Throughout each lesson, students accumulate a total of 10-12 minutes of MVPA.

Due to the COVID-19 pandemic, the research team decided to implement 24 out of the 32 sessions. These sessions were distributed over 3 lessons per week for a duration of 8 weeks. This approach allowed for an additional week to accommodate potential school closures and maintain continuity between the intervention and post-program evaluations. As the program is delivered through video capsules, it also provided the flexibility to seamlessly continue implementation through remote learning if necessary.

The 8-week program duration was justified by empirical evidence of significant outcomes (Choi et Cheung, 2016; Trost et al., 2008; Tseng et al., 2021) and logistical considerations for rotating study arms during the holiday season and the end of the school year.

Table 5.5 Academic lessons themes

<b>Lesson # - Themes</b>	<b>Lesson # - Themes</b>
1 - Mathematic Table 2	17 - Mathematic Table 9
2 - Gender of French nouns	18 - Simple future (-Er verbs)
3 - Mathematic Table 3	19 - Mathematic Table 10
4 - Plural of French nouns	20 - Simple future (-Ir verbs)
5 - Mathematic Table 4	21 - Comparison of numbers
6 - Words of the same family	22 - Imperfect indicative (-Er verbs)
7 - Mathematic Table 5	23 - Solids
8 - Categories of word classes	24 - Imperfect indicative (-Ir verbs)
9 - Mathematic Table 2 to 5	25* - Angles
10 - French noun group	26* - Conditional present (-Er verbs)
11 - Mathematic Table 6	27* - Quadrilaterals
12 - Verbs conjugation (infinitive)	28* - Conditional present (-Ir verbs)
13 - Mathematic Table 7	29* - Polygons
14 - Present indicative of (-Er verbs)	30* - All tenses (-Er verbs)
15 - Mathematic Table 8	31* - Fraction readings
16 - Present indicative (Ir verbs)	32* - Units of measurement
*Academic lessons not tested (backup due to COVID-19 interruption)	

#### 5.5.6 Data handling and analysis

The data collected from the interviews and focus groups were transcribed verbatim to ensure accuracy (Kowal et O'Connell, 2014)[58]. An inductive approach to thematic analysis was used to analyze the data collected from both students and teachers (Paillé et Mucchielli, 2021). This approach allowed for the identification of patterns and themes that emerged from the data, rather than imposing pre-existing categories on the data.

Qualitative data were coded and categorized using NVivo 12 software (QSR International, US). Students who did not provide consent for the study were assigned the pseudonym 'Student X' in the verbatim, and their quotes were excluded from the analysis data. To ensure consistency in the analysis, an inter-rater agreement process was implemented, involving the main author and a research assistant. This process involved reviewing and discussing the data independently, followed by multiple tests and validation of the resulting thematic tree map by the research team (inter-rater validation operations). Through this iterative process, the main themes were identified and established (Paillé et Mucchielli, 2021). The inclusion of multiple perspectives and validation procedures aimed to enhance the credibility and trustworthiness of the findings (Cypress, 2017). Notably, all quotes presented in this article were translated from French to English by the researchers, with attention given to maintaining equivalence of meaning (Temple et Young, 2004).

Table 5.6 Sequence of Cogni-Actif Lessons

<b>Phases</b>	<b>Duration (min.)</b>	<b>Targeted physical intensity (example)</b>	<b>Targeted academic difficulty (example)</b>
Warm-up	3	Low to vigorous (Walk & run)	Easy (Naming)
Cogni-Actif challenge	4	20 sec. vigorous/10 sec. low (J & balance)	Moderate (Memorizing - pointing)
Passive break	2	Passive (Cogni-Actif workbook)	Difficult (Problems to resolve)
Cogni-Actif Challenge	4	20 sec. vigorous /10 sec. low (Boxing & walk)	Difficult (Memorizing & switching)
Cool-down	2	Passive (Slow respiration)	None (Guided meditation)

Table 5.7 Physical Movements of the PAL Program

<b>Movements</b>	<b>Intensity</b>
One-Foot Balance Standing	Low
Walking	Low
Boxing	Moderate
Drum solo	Moderate
Hula-Hoop Dancing	Moderate
Squat	Moderate
Cross-Country Skiing	Vigorous
Cross Jumping	Vigorous
Frog Jumping	Vigorous
Heel to Butt Jumping	Vigorous
High Knee Running	Vigorous
Running	Vigorous
Scissors Jumping	Vigorous
Skipping	Vigorous

## 5.6 Results

This section presents the findings of the thematic analysis conducted on the data generated by the semi-structured interviews and the focus groups. The main themes were related to the objectives of the study which were 1) to co-design and 2) to implement a PAL program in elementary schools.

### 5.6.1 Objective #1: Co-designing a PAL program

Through the analysis of the verbatim transcripts from the semi-structured interviews with the teachers, emergent themes were identified in the co-design process. These themes included the teachers' level of involvement, their perception of the outcomes [i.e. the PAL program], and the emotions they experienced throughout the co-design process. These themes not only provide a comprehensive understanding of the teacher's role in designing the PAL program but also facilitate the development of strategies to ensure their active participation and engagement in future initiatives.

#### 5.6.1.1 Teachers' involvement in the co-design process

During the post-experimental interviews, all teachers involved were asked why they chose to become engaged at that point. The interview data showed that some teachers participated in the action research

project for their students. health/pe teachers highlighted "the opportunity to increase students' PA behaviour while learning through movement". Other teachers also mentioned "being grateful for the opportunity to participate in the co-design of a useful pedagogical tool, and to be aware of the outcomes afterwards".

"...it was a motivating project for the students, it was nice to tell them that we were the fortunate involved in this project... I was happy to be part of the research project because this tool could be reapplied and integrated into teachers' educational practice. " Teacher #2

During the co-design process, the teachers were involved in the key elements of the PAL program, such as the academic content, PA integration, and artistic creation of the avatar. The teachers worked mainly on academic content. After agreeing on academic themes, they worked separately to develop the framework for each thematic activity to be incorporated into the PAL program. All teachers described that part of the co-design process as "a huge workload". The specific tasks of the health/pe teachers were to identify the physical movements of the PAL program. The fourteen movements were chosen 1) to be fun, 2) doable behind the desk, and 3) to increase heart rate. The intensity of the movements (low, moderate or vigorous) was classified based on the Youth Compendium of Physical Activities [62]. For the avatar, six sketches were first presented to the teachers. These sketches, designed by a digital artist, were based on three criteria: being 1) empathic; 2) non-gendered; and 3) intended for an audience of Canadian children aged 9-11. Teachers overwhelmingly voted for a raccoon, which was then named Ratou (Figure 5.3).

#### 5.6.1.2 Overview of the PAL program – Cogni-Actif

The active involvement of teachers in the co-design process led to the development of a unique PAL program called Cogni-Actif. According to the teachers, Cogni-Actif is an "easy-to-use and fun way to promote learning through movement" that "combines physical and academic activities into 15-minute video clips". It "helps to review academic material and consolidate learning by incorporating movement into the classroom". They highlighted the program as a "motivator for the children" and "a good way to move in the classroom" that "helps with concentration and learning". Finally, the teachers noted that Cogni-Actif is "an end-to-end solution that does not require any additional preparation from them". This feature eliminates the need for teachers to spend extra time creating activities, enabling them to focus on delivering high-quality instructions.



Reprinted from Matoub, 2023 under a CC BY license, with permission from the original © Ifaz Matoub, 2023

Figure 5.3 Ratou

### 5.6.1.3 Emotions felt by teachers during the co-design process

The co-design process resulted in the emergence of two distinct emotional states: "stress and pride". The perceived stress during the process was mainly attributed to the pandemic context, while the feeling of pride was strongly associated with the active involvement of teachers and students in the co-design process.

*"Yes, it was stressful [COVID-91 period], but while we were working on the co-design of the PAL program, we weren't thinking about the pandemic, it kept us busy..." Teacher #1*

*"...it required more work than I initially expected when the project have been presented to us... honestly, I didn't expect that, but am I'm proud I did it [the co-design] ... Every time I had visitors in my classroom, I showed them the program, and they were all very surprised that we were doing this in my classroom. They all told me that they wished their children could have experienced it too, to motivate them to go to school. I really think it's a great program and our students are lucky to experience it, I would definitely*

*do it again... When they [the students] talk about their experience, it's always with great joy. The pride I felt, they felt it too...". Teacher #1*

Despite the challenges posed by the pandemic context, the co-design process involving teachers played a crucial role in developing a PAL program that effectively integrates PA and academic content for elementary school students. The successful collaboration between educators and researchers demonstrated by the co-design process offers a valuable tool for promoting PA and academic learning in elementary school settings.

#### 5.6.2 Objective #2: Implementing the PAL program in elementary schools

The second objective of the study was to assess the implementation of the PAL program in school classes. The inductive analysis of the PAL program implementation highlighted four main components: 1) Implementation context, 2) Perceived Outcomes, 3) Assessment of the PAL program components, and 4) potential future use of the PAL program.

##### 5.6.2.1 The implementation context

Despite the unprecedented challenges posed by the COVID-19 pandemic, the study continued as it was deemed a priority by the school practitioners involved and their managers. Even if the pandemic was not a planned theme of interviews or focus groups, teachers and students repeatedly reported how it affected the study's processes, and that the pandemic context likely influenced the study's outcomes. For instance, students who experienced the PAL program from March to May 2021 (n = 40) had to wear masks in class, which might have affected their willingness to complete the sessions with the prescribed intensity. In addition, one classroom switched to remote learning during the PAL implementation. These students completed five home lessons supervised by their teacher via computer video.

*"Moving to remote learning was a challenge... It was still going well [implementing the PAL program], I was working with two computers at home, one to share the PAL program with the students and one to watch them perform... I couldn't watch them all, but it was doable."*

\* To keep the teacher name's anonymous, this quote is not associate to the participant code.

Despite challenges caused by the COVID-19 pandemic, the study continued, providing valuable insight into the feasibility of implementing a PAL program during a pandemic and its positive outcomes.

#### 5.6.2.2 Perceived outcomes by the teachers and the students

This section specifically delves into the perceived outcomes of the PAL program implementation as reported by teachers and students. Participants reported several benefits related to determinants associated with students' learning, attention and focusing ability, PA levels, and quality of sleep. Examining these outcomes can provide insights into the effectiveness of the PAL program and its potential impact on elementary school students.

##### *Learning Support*

According to the teachers, the PAL program has the "potential to improve students' learning" as they observed, "students learned faster and retrained more easily, particularly for math concepts." They confirmed that "combining movement and academic effectively consolidates learning and anchors knowledge, particularly for concepts that are easy to learn through practice, such as multiplication tables." The teachers suggested that combined learning, which involved movement, "benefits students in many ways and is effective because it engages them." Students also shared this impression during the focus groups. Lastly, teachers reported that the implementation of the PAL program in class was a "good way to review concepts quickly seen in the previous year due to COVID-19, which allowed for the consolidation and deepening of knowledge."

*"I think that when you're learning and doing a gesture or movement at the same time, it gives an additional anchor." Teacher #1*

*"...for the kids, as long as the learning is through play, it's clear that the interest is greater because they don't feel like they're learning..." Teacher #3*

*"... it makes it easier for me to retain information because I'm having fun at the same time." Student #51*

*"I noticed that it makes us learn more quickly. And I also think that math got into my head faster." Student #28*

### *Improved Attention and Focus*

The PAL program improves students' attention, focus, and on-task behaviour, which in turn contributed to their learning. The Teachers reported that the "classroom was quieter after the program" and that "students were more willing to learn at that time. " They also mentioned "teaching more difficult concepts immediately after the program to take advantage of students' increased attention."

*"I definitely took advantage of it to do a teaching period [immediately after the PAL program] because I had their attention.... That effect faded over the course of the day, as the day went on, it went back to normal." Teacher #1*

*"...after Ratou [the program character], I always took the opportunity to teach more complex material (e.g., fractions in math) ... they were more inclined because they just moved." Teacher #4*

*"It was a good start to my day. Afterwards, I was ready to work, I had more focus, and the class was quieter." Student #38*

### *Improved PA levels*

The PAL program was found to be an effective way to increase students' PA levels by adding movements during class time. Students reported "enjoying being active in class," and surprisingly, this enthusiasm translated to reported, "increased PA outside the classroom and a reduction in screen time at home."

*"What I liked best about the program is that we are physically active... it's important for our body to be physically active." Student #48*

*"... at home I do more physical activity, I'm more motivated and I go outside more often... I've also noticed at home that I'm less connected to my computer or my tablet." Student #45*

*"... before the Cogni-Actif project, I wasn't going outside to play with my friends much, but now I go a lot more, I go almost every day that we go to school. " Student #22*

*"Ratou gave me idea how to train... it helped me and my sister to respect the instructions of screen time... we went a little more outside. Usually, we were often on our phones, then we turned them of a little more..." Student #32*

Despite the increase in PA due to the PAL program, neither the HEPTs nor the Teachers observed any changes in the children's physical fitness. However, several students noticed "improvement in their endurance and overall fitness."

*"I believe that my endurance has improved." Student #43*

*"The first week we started Cogni-Actif program, I had a lot of pain in my legs. But then, after the first week, it was okay, and by the end, I didn't feel it anymore." Student #45*

*"I feel that I'm running a little faster." Student #46*

*"I'm more physically fit." Student #24*

#### *Improved quality of sleep*

Most students reported "experiencing better sleep quality and an earlier onset of sleep on days when day participated in the PAL program." They attributed this to the fact that they were "more physically active and tired on those days." In fact, one parent even contacted the teacher to share that her daughter was going to bed earlier on days when the Cogni-Actif program was in effect. These observations suggest that while physical fitness improvements may not be immediately apparent, increased PA can have positive effects on sleep quality and duration.

#### 5.6.2.3 Assessment of the PAL program components

The PAL program's assessment by students and teachers identified three main components: Academic Content, Physical Movements, Graphics and Sound. For each component, they provided key solutions to improve the program to make it more enjoyable and relevant to the school setting.

### *Academic Content*

According to the teachers, the curriculum they selected for the PAL program during the co-design process was "mostly relevant and on target for fourth-grade." However, they agreed that "Maths material was more relevant than French ones." Students also mentioned that they preferred Math to French lessons while using the PAL program. Only conjugation seemed appropriate for reviewing in a PAL program from the French themes listed in Table 5. The "academic content's difficulty level was appropriate for most students," but some aspects need to be adjusted for the next iteration. According to the teachers, the PAL program was "too difficult for students with special needs (e.g., dysphasia and dyslexia)." The students addressed the fact that they "did not have enough time to find the answer" before it appeared on the interactive board on some occasions. Finally, teachers proposed "covering fewer academic topics but adding lessons to increase repetition." They stated that more repetition would anchor the knowledge more firmly and make it a better review tool.

*"I would remove some themes and repeat the simpler themes like addition, multiplication, and conjugation... I would use the Ratou session in class once a day as a memorization tool and spend the week on the same theme..." Teacher #2*

### *Physical Movements*

Physical movements are a huge part of the PAL program. When asked which movements they preferred, the students named most of them. Generally, the "intensity was usually adequate except for a few occasions when the intensity was too high for the duration of the exercise." The unanimous ones were the "boxing and the drum solo, which are more playful movements." A lack of variety emerged from discussions with students and was confirmed by the teachers. It was the walking movement that created the most dissatisfaction because it came back every session to allow students to calm down between moderate or vigorous exercise. It was suggested that "new, lower-intensity movements be identified to replace the walking." The students also suggested "adding some new ones, such as hip-hop moves or basketball shots." In addition, all teachers mentioned that when Ratou's pace was unrealistic (too fast or too slow), it distracted students from the intention of reviewing French or Maths lessons. As a key solution, the "animations must be redesigned for some movements."

### *Graphic and sound elements*

The graphic and sound elements of the program were designed to stimulate student motivation and participation. The students unanimously liked the character Ratou. According to the teachers, the program was "visually attractive but would need something more stimulating to maintain students' interest" because children are used to colourful and animated video games. The students were impressed at the beginning of the program, but this faded as the program went on. Indeed, in the focus groups, the students named several solutions to "make the PAL program more stimulating" particularly to "add graphic variety" to the PAL program.

*"Ratou is a prototype that could evolved in a video game." Teacher #2*

*"...at the beginning Ratou was wow, wow, wow, but at some point Ratou had little flaws, ah it's the same, the colors were the same, Ratou is always dressed the same..." Teacher #4*

*On another hand, the "music might be more relevant to a youthful audience" and less repetitive. Most students said they would prefer music they know and also to be able to select the songs. As mentioned earlier, students would add "narration and sound effects."*

*"It could be like in Mario Bros a "DING" sound at the end..." student #50*

#### 5.6.2.4 Potential uses of the PAL program

The finding of this study indicates that the PAL program has the potential for use in elementary school classrooms. The teachers expressed interest in using the PAL program in their classroom in the future. According to them, the PAL program "should be used in the classroom over a long period of time to maximize the benefits, from October to April." The teachers suggested avoiding using the program during September, May, and June due to weather conditions in Quebec. The program should be "used daily", reviewing one topic per week. The teachers also provided suggestions for optimizing its use. The suggestions included adapting the PAL program into a "video game", incorporating an "individual at home component" to the game, and "adapting the PAL program for other grade levels."

### *Adapt the PAL program into a video game*

The interaction was identified as a crucial component of the PAL program by both the teachers and the students. As a result, they suggested adapting the program into a video game that would allow for "increased interactivity." The video game version would allow students to "interact with the character and solve quests." Students suggested incorporating a collection feature, which would add a motivating aspect to the game. "Messages of encouragement" from the character would also be beneficial to students. The video game version should give the teachers the ability to "select the difficulty level and activities".

*"I see Ratou as a prototype of something that evolved... the students are used to video games... and it would allow the teacher to select the activity... to students to see their progress... to become a kind of quest." Teacher #2*

*"They [students] wanted to collect something.... it could be an educational game with pedagogical capsule and something to collect by students." Teacher#1*

"Ratou could say messages of encouragement as "You did the first part, Bravo" or "That's good, keep going, you're well on your way." Student #18

### *Add an individual component*

The teachers suggested adding an "individual at home component" to the PAL program in addition to the group sessions conducted in class. This would allow students to "review the material at their own pace" at home via an accessible platform. The teacher would be able to "monitor student progress" and evaluate the level of each student.

### *Adapt the program for other grade levels*

The PAL program was designed for students in the 2nd cycle, specifically in fourth grade (9-10 years old). However, teachers suggested "adapting it for other grade levels, including 1st cycle (1st and 2nd grades) for addition and subtraction review, and 3rd cycle (5th and 6th grades) for English second language concepts." To avoid redundancy, different "characters could be created for each cycle"; the concept is easily adaptable for each elementary school levels by "following elementary curriculum."

In conclusion, the PAL program has the potential to be an effective tool for PA promotion in elementary school classrooms. The suggestions made by the teachers for optimizing the PAL program should be considered for the next iterative co-design process. All teachers involved agreed to be part of the next iteration co-design process of the PAL program. However, they suggested recruiting a larger team to facilitate the co-design process, which hopefully will not occur in a pandemic period.

## 5.7 Discussion

The integration of PA with academic learning is an area of growing interest in education, as schools face the challenge of providing enough opportunities for children to engage in regular PA while also meeting academic objectives (Bailey et al., 2023; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Routen, et al., 2020; Watson et al., 2017). The present study aimed to address this challenge by developing and evaluating the implementation of a PAL program in fourth-grade classrooms over 8 weeks. Thematic analysis of interviews with 7 teachers and focus groups with 82 students provided valuable insights into their perceptions of the PAL program. While the study's findings have significant practical implications for the development and deployment of future PAL programs, it is important to exercise caution in their application due to some limitations of the study, which will be mentioned later in the discussion. Future research should address these limitations to enhance the generalizability of the findings and improve the effectiveness of future PAL programs.

### 5.7.1 Practical implications

This study provides valuable insights for school practitioners and researchers looking to implement PAL programs. The finding highlights the benefits of integrating PA with academics in the classroom, which can help schools meet both PA and educational objectives. Additionally, the study emphasizes the importance of involving practitioners in the co-design process of PAL programs, which can facilitate the development of effective and tailored solutions that fit within the school setting and address specific needs and challenges. Finally, the study suggests that technology can play a crucial role in supporting PA practice at school, offering promising avenues for future research and program development.

#### 5.7.1.1 Benefits of integrating the PAL program into the classroom

The World Health Organization (WHO) recommends that children engage in at least 60 minutes of moderate- to vigorous-intensity PA each day, and one way to help achieve this goal is by implementing physical activity during school hours while still achieving academic objectives (Chaput et al., 2020). This

approach is reflected in government policies around the world. For example, in Quebec, where the study was conducted, the government has implemented the "À l'école on Bouge!" policy, which requires schools to provide at least 60 minutes of PA per day (Desranleau Robitaille, 2022).

The study confirms that integrating a PAL program can facilitate meeting the daily PA practice recommendations, not only by adding 10-12 minutes of moderate- to vigorous-intensity PA in the classroom but also by leading to an increase of PA practice outside of the classroom and a decrease in screen time, which is in line with the World Health Organization 24-hours guidelines for children's health (Chaput et al., 2020). The integration of learning with movement was found to be an effective way to review academic content and improve student attention and focus, leading to a better disposition for the student to learn.

However, it is worth noting that a quantitative measurements of PA levels through accelerometer measures would be necessary for a better understanding of the impact of PAL programs on children's overall PA (Dollman et al., 2009; Natalucci et al., 2023). Nevertheless, the findings of this study are consistent with existing literature highlighting the benefits of integrating PA with academic learning, including improved attention and focus, which positively affect teachers' pedagogy in the post-PAL program hours (Daly-Smith et al., 2021; Donnelly et al., 2017; Watson et al., 2017). These study findings also align with the outcomes of the three reference programs (*Take 10!*, *Funtervals*, and *F&V*), indicating that incorporating PA into the school curriculum is not only feasible (Kibbe et al., 2011; Ma et al., 2015; Mullender-Wijnsma et al., 2016) but also an innovative approach to review academic content and enhance student PA levels (Kibbe et al., 2011; Mullender-Wijnsma et al., 2016). These results can serve as motivating factors for teachers to implement PAL programs in their classrooms, providing health and academic benefits while promoting PA among their students (Daly-Smith et al., 2021; Donnelly et al., 2017).

#### 5.7.1.2 Co-designing solutions with practitioners

Co-designing solution with end-users lead to a more holistic view of the problem and a better understanding of their needs resulting in tailored solutions (Sanders et Stappers, 2014). The study findings support this approach, as co-designing the PAL program with teachers and other school staff facilitated the development of a tool that fits within the school setting and is related to student targets. Additionally, the involvement of teachers in the co-design process facilitated the program's implementation in the school. This approach contributed to a sense of pride in what was accomplished, which is a success factor

in the implementation and sustainability of the solution. This finding aligns with previous research on co-design, which has shown that involving end-users in the design process is critical to ensuring that the program fits within the school setting and addresses the specific needs and challenges of the school community (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020).

#### 5.7.1.3 The potential of technology to support PA practice

The potential of technology to support children's PA practice has been recognized by several studies (Creaser et al., 2021; Swindle et al., 2022) and this study findings further highlight its usefulness. Specifically, the use of multimedia video technology to diffuse the PAL program in the classroom facilitated its implementation by providing an easy-to-use solution for teachers.

Interestingly, both teachers and students involved in the study suggested enhancing the use of digital technology by developing an exergame to implement the PAL program. This aligns with the public policies to increase the use of digital technologies in schools (Tréhondart, 2019). Developing serious games that support both PA practice and learning objectives can be a promising way to further enhance the effectiveness of PAL programs.

#### 5.7.2 Limitations

Limitations should be considered when interpreting the results of this study. First, the fact that the PAL program was implemented only in the classrooms of teachers who were involved in the co-design process may have influenced their perceptions of the program's benefits, and therefore limit the generalizability of the findings. Second, the size of the focus groups used for data collection among the students exceeded the recommended size, which may have generated fear of speaking in front of others and potentially affected their perceptions (Morra-lmas et al., 2009). However, data saturation was achieved and the creation of an atmosphere of trust and openness during the focus groups by the moderator may have helped mitigate this limitation. It is important to consider these limitations when applying the findings to other contexts or populations.

#### 5.7.3 Future research

Future research could further explore the generalizability of our findings by conducting similar studies in different settings or with different populations. In addition, it would be valuable to evaluate the implementation of PAL programs with teachers who did not participate in the co-design process, to

determine if similar benefits can be achieved. Reliable quantitative measures should be obtained to confirm the results obtained, particularly with regard to the increase in PA participation, the decrease in screen time outside of school, and the effects on classroom behaviour and academic performance. These measures could help to better understand the impact of PAL programs on children's overall health and well-being and inform the development of more effective interventions in the future.

Furthermore, future research could consider the development of a new iteration of the PAL program that considers the feedback provided by teachers and students. This could involve the development of a serious game that allows for more variety and interaction to maintain a high level of engagement among students. The game could also allow teachers to select the most appropriate difficulty level for their students based on their specific needs. By addressing these areas of improvement, we can continue to improve the effectiveness of PAL programs and enhance children's physical activity levels and overall health.

## 5.8 Conclusion

In conclusion, this study highlights the potential of integrating PA with academic learning and the importance of co-designing programs with practitioners to maximize their effectiveness. The findings suggest that technology can be a powerful tool to support PAL practices in promoting both PA and academic achievement among school-aged children. The study also underscores the need for further research to explore the broader societal implications of PAL programs, including their potential to contribute to public health goals and reduce health disparities among different groups of students. Ultimately, the development of effective PAL programs has the potential to improve the health and well-being of children and promote positive academic outcomes.

## 5.9 Acknowledgements

The authors thank Anne-Julie Bouchard, Audrey Fortin, Camille Fournier, Francis Maltais, and Sabrina Pilote for their valuable contributions to this study. We are also grateful to the Lac-Saint-Jean School Service Centre and the administration and staff involved in this study as well as all the research assistants.

## 5.10 Author Contribution

Conceptualization: Laurie Simard, Julie Bouchard, Martin Lavallière, Tommy Chevette.

Data curation: Laurie Simard.

Formal analysis: Laurie Simard, Julie Bouchard, Martin Lavallière, Tommy Chevette.

Funding acquisition: Laurie Simard, Tommy Chevette.

Investigation: Laurie Simard.

Methodology: Laurie Simard, Julie Bouchard, Martin Lavallière, Tommy Chevette.

Project administration: Laurie Simard, Martin Lavallière, Tommy Chevette.

Supervision: Martin Lavallière, Tommy Chevette.

Validation: Julie Bouchard.

Writing – original draft: Laurie Simard, Martin Lavallière, Tommy Chevette.

Writing – review & editing: Laurie Simard, Julie Bouchard, Martin Lavallière, Tommy Chevette.

5.10 Appendix A

Table 5.8 The Semi-directed Interviews Guide for Teachers

Themes	Sub-Themes	Questions
1. PAL program	1.1 Description and purpose of the PAL program	- When discussing the program or if you need to explain it to someone, how do you describe what the Cogni-Actif program means to you?
2. Co-design process	2.1 Personal and professional benefits	- What benefits or insights did you acquire from your participation in the co-design process?
	2.2 Challenges faced	- What difficulties or challenges did you encounter during the co-design process?
3. Implementation outcomes	3.1 Overall outcomes	- What changes, if any, did you observe in your class during the implementation of the program?
	3.2 Students and classroom behaviour outcomes	- What changes, if any, did you observe in your students' behaviour during the implementation of the program?
	3.3 Learning and academic outcomes	- Did you notice any changes in academic outcomes during the implementation of the program?
4. Implementation process	4.1 Key success factors to PAL implantation	- Based on your experimentation, what are the key components that facilitate the implementation of PAL program?
	4.2 Perceived barriers to PAL implantation	- What difficulties or challenges did you encounter during the implementation process?
1. Future iterations	5.1 Future utilization and suggested modalities	- If the program were accessible in the future, would you choose to use it, and if so, how would you utilize it and what would be your reasons for doing so? - What specific changes would you propose for the program and what are your reasons for suggesting them?
2. Closure	7.1 Additional comments	- Do you have any additional comments to add or any suggestions to make?

5.11 Appendix B

Table 5.9 The Focus Group Discussion Guide for Students

<b>Themes</b>	<b>Sub-themes</b>	<b>Questions</b>
1. General PAL program's assessment	1.1 Enjoying aspects to keep 1.2 Uninteresting aspects to be removed	What aspects of the program did you find enjoyable and would like to maintain? What aspects of the program did you find uninteresting and would like to see removed?
2. Specific PAL program assessment	2.1 Overall outcomes 2.2 Physical/motor outcomes 2.3 Learning and academic outcomes	After participating in the program, did you notice any changes?  Now, let's talk about your physical condition. Do you think you became more fit afterwards or did it stay the same?  How about your physical activity habits? Did they change since the beginning of the program?  Based on your experience, what do you think are the benefits of exercising while learning math and French?
3. Future iterations	3.1 Suggested changes (add and remove)	If we were to make the program even better for your friends, what things would you like us to add or change to make it even more enjoyable for them?
4. Closure	4.1 Additional comments	Do you have any additional comments to add or any suggestions to make?

5.12 Appendix C

Table 5.10 User Feedback Grid

Instructions: For each lesson, place an (X) in the box if the activity is not up to par. In the "Notes" section, provide a reason or a potential solution for enhancement.

Lesson	Warm-up	Challenge 1	Passive	Challenge 2	Cool-down	Notes
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						

## CHAPITRE 6

### ENHANCING CHILD DEVELOPMENT THROUGH A PHYSICALLY ACTIVE LEARNING PROGRAM TO MITIGATE THE IMPACT OF PHYSICAL INACTIVITY AND ADHD SYMPTOMS: A CROSSOVER TRIAL

*Article soumis au journal BMC Pediatrics (en processus d'évaluation par les pairs), disponible en pré-print sur Research Square*

Référence :

Simard, L., Bouchard, J., Lavallière, M., & Chevrette, T. (2023). Enhancing Child Development Through a Physically Active Learning Program to Mitigate the Impact of Physical Inactivity and ADHD Symptoms: A Crossover Trial. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3487097/v1>

## 6.1 Résumé

**Contexte :** Un nombre considérable d'enfants d'âge scolaire font face à des vulnérabilités développementales qui influencent significativement leur parcours éducatif futur et leurs contributions à la société. L'inactivité physique chez les enfants, en particulier le non-respect des niveaux d'activité recommandés, est une préoccupation majeure qui a des effets négatifs sur le développement global de l'enfant, affectant tous les domaines, à savoir cognitif, physique/moteur, social, affectif et linguistique. Parallèlement, le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH), une condition neurodéveloppementale prévalente, présente des implications préoccupantes affectant l'ensemble de ces domaines de développement. Consciente que l'activité physique peut notablement optimiser la trajectoire développementale de ces domaines, l'Organisation mondiale de la santé souligne la nécessité d'introduire des interventions efficaces en matière d'activité physique dans les établissements scolaires. De manière prometteuse, les programmes d'apprentissage physiquement actif (APA), qui combinent l'activité physique avec l'apprentissage, offrent des solutions potentielles. Cependant, leur impact sur le développement global de l'enfant reste incomplètement compris. Cette étude visait à évaluer l'effet d'un programme d'APA sur le développement global de l'enfant, tout en explorant si le niveau d'activité physique initial de l'enfant ou la présence du TDAH influencent l'efficacité de cette intervention. **Méthode :** Quatre-vingt-deux enfants âgés de 9 à 11 ans, répartis dans quatre classes, ont été assignés au hasard à un programme PAL (Groupe 1) ou à une condition témoin sans contact (Groupe 2), avec une durée de huit semaines pour chaque groupe avant d'inverser les conditions. Les évaluations ont été réalisées au début (T0), après la première condition (T1) et après la deuxième condition (T2). L'efficacité de l'intervention, ainsi que les covariables pertinentes, ont été analysées par ANCOVA. **Résultats :** Le programme d'APA a mené à une amélioration de la condition physique cardiovasculaire ( $VO_2max$ ) et une réduction des symptômes du TDAH, notamment l'inattention et l'hyperactivité-impulsivité. **Conclusion :** Les interventions d'APA présentent un potentiel en tant qu'intervention en milieu scolaire pour soutenir le développement physique/moteur et affectif des enfants tout en atténuant les effets négatifs de l'inactivité physique et des symptômes du TDAH.

### **Mots-clés :**

Activité physique en milieu scolaire, Apprentissage physiquement actif, Développement global de l'enfant, Inattention, Hyperactivité-impulsivité

## 6.2 Abstract

**Background:** A substantial number of school-aged children face developmental vulnerabilities that significantly influence their future educational paths and societal contributions. Childhood physical inactivity, particularly the failure to meet recommended activity levels, is a concern, that negatively impacts holistic child development across cognitive, physical/motor, social, affective, and language domains. Concurrently, attention deficit hyperactivity disorder (ADHD), a prevalent neurodevelopmental condition, presents concerning implications affecting all these developmental domains. Recognizing that physical activity can notably optimize the developmental trajectory of these domains, the World Health Organization underscores the need for effective physical activity interventions within school settings. Promisingly, physically active learning (PAL) programs, seamlessly blending physical activity and learning, offer potential solutions. However, their impact on holistic child development remains incompletely understood. This study sought to evaluate the effect of a PAL program on holistic child development while exploring whether a child's initial physical activity level or the presence of ADHD influenced the intervention's effectiveness. **Methods:** Eighty-two children aged 9-11 years, distributed across four classes, underwent random assignment to a PAL program (Group 1) or a no-contact control condition (Group 2), with an eight-week duration for each group before switching conditions. Assessments occurred at baseline (T0), after the first condition (T1), and after the second condition (T2). The intervention's efficacy, along with relevant covariates, was analyzed through ANCOVA. **Results:** The PAL program exhibited a positive association with enhanced cardiovascular fitness (VO<sub>2</sub>max) and a reduction in ADHD symptoms, notably inattention and hyperactivity-impulsivity. **Conclusions:** PAL interventions hold promise as effective school-based strategies to enrich physical/motor and affective development while mitigating the adverse impact of physical inactivity and ADHD symptoms.

### **Keywords :**

School-based physical activity, Physically active learning, Child development, Inattention, Hyperactivity-impulsivity

### 6.3 Background

Childhood is a critical period in human development, shaping the fundamental basis for future trajectories. The experiences children undergo during this period wield significant influence over their educational journey and their eventual contributions to society (Guo et al., 2023; Kautz et al., 2014; Singh et al., 2022). This concept is inherently linked with holistic child development, encompassing a comprehensive array of interconnected domains, including cognitive, physical/motor, social, affective, and linguistic skills (Bouchard, 2022; Diamond, 2007; Harbourne et Berger, 2019; Janus et al., 2023).

Unfortunately, children may face factors during this period that may negatively affect their developmental paths, such as physical inactivity (Bull et al., 2020). Indeed, the rising prevalence of physical inactivity among school-aged children aged 6 to 17 years old is a cause for concern. Alarming statistics indicate that a majority fail to meet the World Health Organization's (WHO) recommended guideline of engaging in at least 60 minutes of moderate to vigorous physical activity (MVPA) daily (Aubert et al., 2022). In Canada, a staggering 67% of school-aged children fall short of this benchmark, which is critical for fostering overall health, well-being and optimal child development (Colley et al., 2017). Notably, research has highlighted the adverse impact of physical inactivity on children's holistic development across all developmental domains (Bull et al., 2020; Lämmle et al., 2016; Myer et al., 2013; Stodden et al., 2008).

The substantial prevalence of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) among school-aged children also gives rise to profound concern, particularly in Quebec (Canada), where 11,3% of children receive such a diagnosis (Diallo et al., 2019). This neurodevelopmental condition significantly impacts the trajectory of multiple domains of child development, including cognitive (Faraone et al., 2021; Schoenfelder et Kollins, 2016; Vainieri et al., 2023), physical/motor (Kaiser et al., 2015; Klupp et al., 2021; Lee et al., 2021), social (Parke et al., 2021; Ros et Graziano, 2018; Verret et al., 2016), affective (Graziano et Garcia, 2016), and language domains (Korrel et al., 2017; Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz, et al., 2018).

Interestingly, studies have also revealed that children diagnosed with ADHD are less likely to meet MVPA guidelines than their undiagnosed peers (Mercurio et al., 2021). Conversely, engaging in physical activity (PA) within this population yields positive effects on all aspects of child development (Simard et al., 2023) and helps alleviate inattention and hyperactivity-impulsivity (Cornelius et al., 2017; Suarez-Manzano, Ruiz-Ariza, De La Torre-Cruz, et al., 2018; Welsch et al., 2021) and ADHD symptoms related to the affective domain (Sow et al., 2022). These benefits complement the robust evidence that underscores the extensive

advantages of PA for children's holistic development, regardless of ADHD diagnosis (Chaput et al., 2020; Kleeren et al., 2023; Naylor et McKay, 2009; Taylor et al., 2023).

Considering these numerous benefits of PA and the insufficient number of children reaching the minimum threshold to reap these advantages, the WHO has published a global action plan to increase moderate-to-vigorous physical activity (MVPA) levels in children (Bull et al., 2020). Among various interventions developed to reach this target, physically active learning (PAL) programs have gained increasing attention (Bacon et Lord, 2021; Daly-Smith et al., 2021; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Daly-Smith et al., 2018; de Greeff et al., 2016; Norris et al., 2020; Routen et al., 2018). These school-based interventions offer significant potential by effectively boosting PA levels within school settings while preserving valuable academic instructional time (Daly-Smith et al., 2018) and promoting academic achievements (Bacon et Lord, 2021; de Greeff et al., 2016). Additionally, such interventions may also present benefits for children with ADHD, as combining cognitive engagement with PA seems to have a more sustained and significant impact on the management of ADHD symptoms compared to PA alone (Nejati et Derakhshan, 2021).

Thus, there remains a gap in our understanding of the impact of PAL programs on comprehensive child development. The primary objective of this study was to evaluate how a PAL program influences the five domains of child development among 9- to 10-year-old children. Additionally, we aimed to explore whether the child's initial level of PA or the presence of ADHD influenced the effectiveness of the intervention. Through this research, our goal was to offer valuable insights into the benefits of PAL interventions in schools, particularly for children facing developmental challenges.

## 6.4 Method

### 6.4.1 Research Design

The study employed an embedded experimental design, a mixed-method approach that concurrently incorporated a qualitative component into a quantitative experimental design (Lee, 2012). This article focuses on quantitative data, assessing the effectiveness of the PAL program on child development. Qualitative data related to codesign and implementation will be discussed in a separate article.

The interventions took place in French-Canadian public elementary schools in Saguenay-Lac-Saint-Jean (Quebec, Canada). A two-period, two-sequence (2 x 2) crossover trial occurred from January to May 2021,

involving four fourth-grade classes with 82 students. Classes were randomly assigned to one of two conditions for eight weeks before switching; group 1 (classes 1 & 2) underwent the PAL program first, followed by a no-contact control condition, while group 2 (classes 3 & 4) had a no-contact control condition first, then the PAL program (see Figure 6.1).

Primary outcomes focused on child development across cognitive, physical/motor, social, affective and language skills (Bouchard, 2022). Covariates included PA level before the COVID-19 pandemic ( $PA_a$ ), PA level at baseline ( $PA_b$ ), parent-reported ADHD diagnosis (ADHD Dx), parent-reported ADHD treatment (ADHD Rx), family vulnerability score (FVS), baseline age (Age), and sex.

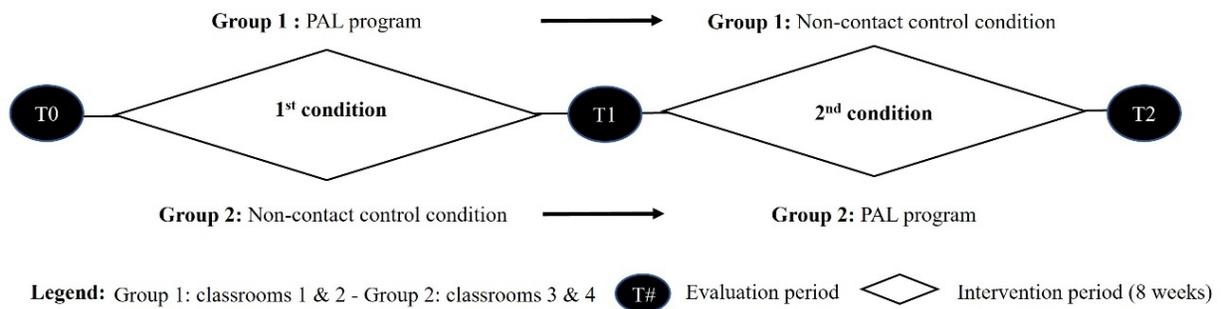


Figure 6.1 Timeline intervention

#### 6.4.2 Ethics Approval

The Research and Ethics Committee (REC) of the University du Québec à Chicoutimi (UQAC) approved this research (REC 2020-393). Electronic informed consent was obtained first from the fourth-grade teachers and then from the students and their parents. The study followed public health guidelines related to the COVID-19 pandemic, with permission from the University's COVID-19 Committee and the School Service Centre involved. Information about these preventive measures was included in the informed consent form provided to both children and teachers.

#### *Sampling, recruitment, and participants*

The recruitment process involved several steps. First, all fourth-grade teachers from the School Service Center involved were invited to express their interest in participating in the study on a first-come, first-served basis. With the approval of school principals, the study engaged the participation of four 4th-grade teachers who consented to codesign and then implement the program in their classrooms. Subsequently,

students from these classes and their parents were asked to complete an informed consent form. Only data from students meeting the inclusion criteria were included in the analysis, which included students aged 9-11 years old, fluent in French, and without medical contraindications to PA.

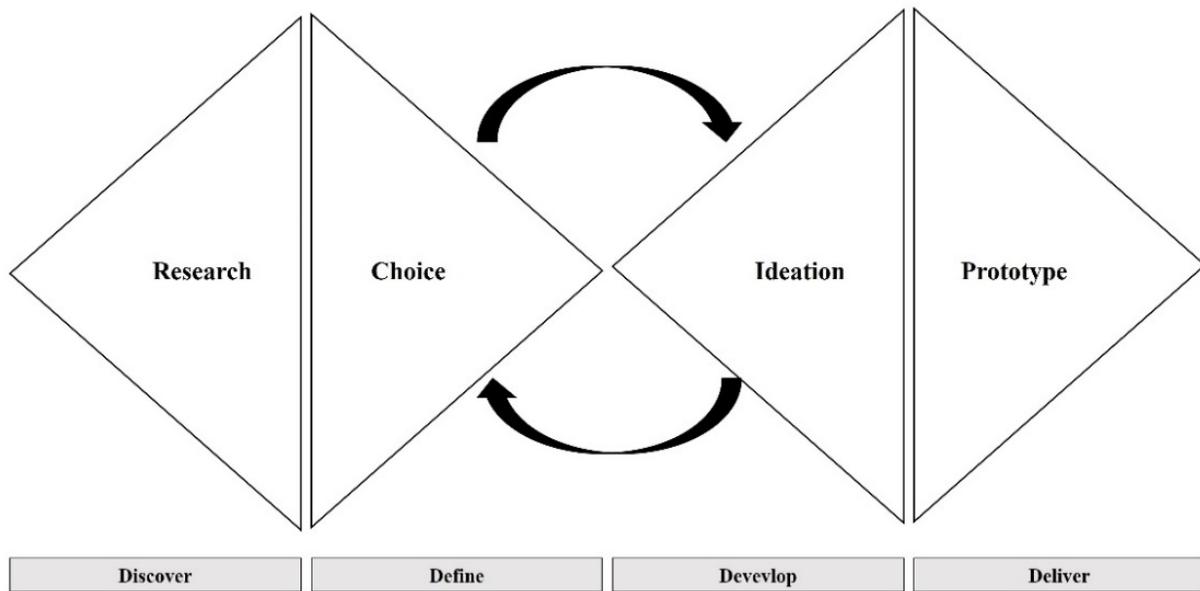
#### 6.4.3 Interventions

**PAL intervention.** Cogni-Actif© is a PAL program previously developed by our interdisciplinary research team in response to the alarming prevalence of physical inactivity and ADHD among school-aged children, both closely associated with developmental concerns (Simard et al., 2023). This program has been meticulously designed to integrate seamlessly into the 4th-grade school curriculum and facilitate its implementation in classrooms (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020). The program is a video capsule-based approach, combining cognitive learning (Cogni) with PA (Actif).

As recommended in a previous study (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020), this program emerged through a collaborative process involving partnerships between primary end-users (teachers and pupils) and researchers from various sectors (digital art, education, kinesiology, and neuropsychology) at UQAC. Inspired by the iterative approach of the Double Diamond Model [45], a four-step framework facilitating the creative process (see Figure 6.2), Cogni-Actif© was conceived as an innovative educational tool. Its purpose was to seamlessly incorporate cognitively engaging physical activity into classroom hours, promoting holistic child development, especially among students with ADHD and those who are physically inactive. The cocreation process relied on previously tested and validated research concepts related to classroom-based PA interventions. Similar to the *FUNterval* program (Ma et al., 2015), the Cogni-Actif© program includes brief, high-intensity interval exercises, and akin to *Take 10!* Program (Kohl et al., 2001), it combines MVPA with grade-specific academic learning.

The Cogni-Actif© program comprised three 15-minute sessions per week, spanning 8 weeks for a total of 24 sessions. Each session integrated 10-11 minutes of MVPA combined with an academic component aligned with the mathematics and French curricula of the Ministry of Education (Québec). These sessions were led by an avatar named Ratou (see Figure 6.3), a virtual character custom-designed for this project (Matoub, 2023) to enhance student engagement (Fabio et al., 2019).

In the classroom, students were encouraged to mimic Ratou's movements, as demonstrated in the videos projected on the interactive whiteboard, and to respond to academic questions before the answers were revealed on the whiteboard. Over a 15-minute session, the level of academic difficulty progressively increased from basic to moderate and complex tasks (see Table 6.1).



Adapted from the 4 D Model or 'Double Diamond' design process model, developed by the Design Council

Figure 6.2 The double-diamond model used to develop Cogni-Actif



*Ratou* © 2019 Ifaz Matoub

Figure 6.3 Ratou

Table 6.1 Cogni-Actif activity sequence

Phases	Duration (min.)	Targeted physical intensity ( <i>example</i> )	Targeted academic difficulty ( <i>example</i> )
Warm-up	3	Low to vigorous (Walk & run)	Easy (Naming)
Cogni-Actif challenge	4	20 sec. vigorous - 10 sec. low (Jump & balance)	Moderate (Memorizing - pointing)
Passive break	2	Passive (Cogni-Actif workbook)	Difficult (Problems to resolve)
Cogni-Actif Challenge	4	20 sec. vigorous - 10 sec. low (Boxing & walk)	Difficult (Memorizing & switching)
Cool-down	2	Passive activity (Slow respiration)	None (Guided meditation)

**No-contact control.** The classrooms assigned to this condition continued with the usual classroom curriculum and did not use any form of PA in the classroom during the study period.

#### 6.4.4 Measures

##### 6.4.4.1 Child and family characteristics (covariables)

**Parental baseline questionnaire.** Parent questionnaires were completed during baseline to collect data on the child’s and family sociodemographic status (PA<sub>a</sub>, PA<sub>b</sub>, ADHD Dx, ADHD Rx, FVS, age, and sex), as presented below. Age was calculated at baseline from the reporting date of birth. Dichotomous choices were offered for sex (“male” or “female”), ADHD diagnosis (ADHD Dx) and pharmacologic treatment (ADHD Rx) (“yes” or “no”). PA<sub>a</sub> referred to PA recall in which children were involved before March 2020, and baseline PA<sub>b</sub> referred to PA practice in the last 7 days. For each activity listed, parents were asked to record frequency and duration. Intensity (low [ $<3$  METs], moderate [3-6 METs] and vigorous [ $>6$  METs]) was determined using values identified in a PA Compendium (Ainsworth et al., 2011). The FVS was calculated from parental socioeconomic and cultural variables based on an adapted version of the Family Environment Questionnaire (Terrisse et al., 2000).

##### 6.4.4.2 Primary outcome measures (child development aspects)

Test batteries were selected to assess variables related to the five domains of childhood development: cognitive, physical/motor, social, affective, and language (Bouchard, 2022). As a single test may serve to evaluate variables related to different domains, refer to Table 6.3 for specific details regarding these assessments.

**Conners 3rd Rating Scale (Conners 3).** The Short Forms of Conners 3 Teacher Rating Scale (CTRS) is a standardized screening tool used to assess ADHD symptomology, including Inattention and Hyperactivity/impulsivity, as well as common comorbid issues associated with ADHD, such as Learning Problems, Executive Functioning, Aggression and Peer Relations (Conners, 2008). It is designed for children and adolescents aged 6 to 18 years old. The tool evaluated participants' symptom severity using a 4-point scale. Standardized scores above 60 may suggest the presence of issues such as ADHD, while scores exceeding 70 indicate the presence of severe ADHD symptoms.

**NEPSY, Second Edition (NEPSY-II).** The NEPSY-II is a comprehensive battery of subtests intended for the evaluation of various neuropsychological functions in children between the ages of 3 and 16 years old (Korkman et al., 2014). This battery includes 32 individually administered subtests along with 4 additional delayed-recall subtests. In the study, five specific subtests were employed. Animal Sorting, Auditory Attention & Response Set and Inhibition were used to assess executive functioning, while Comprehension of Instructions and Speeded Naming were used to assess language outcomes.

**Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Second Edition (BOT-2).** The BOT-2 – Short is a standardized test consisting of 14 items (Bruininks, 2005). It is employed as a discriminative and evaluative tool to assess the motor performance of children and adolescents aged 4 to 21 years old.

**Self-Perception Profile for Children (SPPC).** The SPPC is a multidimensional self-report instrument designed to evaluate children's perceived competence (Muris et al., 2003). It utilizes a 36-item scale comprising six domain-specific subscales: scholastic competence, social acceptance, athletic competence, physical appearance, behavioural conduct, and measures of global self-worth. In this study, only the sixth subscale, which measures global self-worth, was utilized.

**20-Meters Shuttle Run Test.** The multistage 20-meter shuttle run test is specifically designed to assess the maximal aerobic power of school children (Leger et al., 1988). In this test, participants run back and forth on a 20-meter course, ensuring they touch the 20-meter line before turning around. The test involves a gradual increase in running speed, guided by an audible signal that raises the pace by 0.5 km/h every minute, commencing at 8.5 km/h. When a participant can no longer maintain the needed pace, the last stage number announced on the prerecorded audio track is used to estimate their maximal oxygen uptake ( $VO_2max$ ), which is the variable used in this study.

#### 6.4.5 Procedures

At baseline (T0), parents of participating students completed a questionnaire to gather information about the child and their family. There were three assessment points in time (T0: baseline – T1: 8 weeks after baseline – T2: 16 weeks after baseline). During each assessment, teachers filled out the Short Forms of Conners' 3 for every student (teachers were given a day off for this task). Physical and neuropsychological tests were conducted on two different days for each assessment period (T0, T1 & T2). The data collectors, trained by a neuropsychologist and a kinesiologist, were blinded to the student's assignment conditions (PAL program or no-contact control).

For the physical tests, students were transported from their classroom to the testing area. At T0, testing took place in two areas: the school gym or the university gym facility, as school lacked space to adhere to COVID-19 physical distancing guidelines. Shuttle Run tests were administered in two waves, followed by the BOT-2 subtests administered in random order as per availability. Trained examiners oversaw each subtest at separate testing stations.

During neuropsychological testing, students were assessed individually. The T0 assessment occurred at the school for group 1 and at the UQAC premises for group 2. For T1 and T2, both groups were assessed at the university due to the evolving situation of the COVID-19 pandemic and to maintain a consistent assessment environment. In their classroom, students completed the SPPC questionnaire twice, before and during the PAL intervention (group 1: T0-T1 and group 2: T1-T2).

Between T0-T1, group 1 was assigned to the PAL program, while group 2 was assigned to the no-contact condition. Between T1 and T2, the group conditions changed (group 1: no-contact condition & group 2: PAL program).

#### 6.4.6 Data Analysis

To assess the impact of the PAL program on child development domains, we conducted a mixed-model analysis of covariance (ANCOVA) on dependent variables for both intervention groups: PAL program and no-contact control. In these analyses, PAa, PAb, ADHD Dx, ADHD Rx, FVS, age, and sex were treated as covariates. These analyses were adjusted with wave random effects and with the interaction of wave and group random effects. The normal distribution and homogeneity of variance of the model residuals were validated for all models. To limit the possibility of obtaining a statistically significant result when testing multiple hypotheses, Bonferroni post hoc corrections were used in group comparisons. Significance

thresholds were set at  $p = 0.05$ . Finally, effect sizes are reported as the difference in estimated means between conditions (T0-T1 and T0-T2) divided by the baseline standard deviation.

## 6.5 Results

A total of 98 pupils were eligible for the trial, and 15 refused to participate. The reason for their refusal to participate was not known because the parents of these children did not return the electronic informed consent form. One participant was removed before data collection because he changed schools. Thus, participants ( $N=82$ ) aged 9 to 11 years ( $M = 9.8$ ,  $SD = 0.4$ ) were divided into group 1 ( $n=42$ ) and group 2 ( $n=40$ ) (see Figure 6.4).

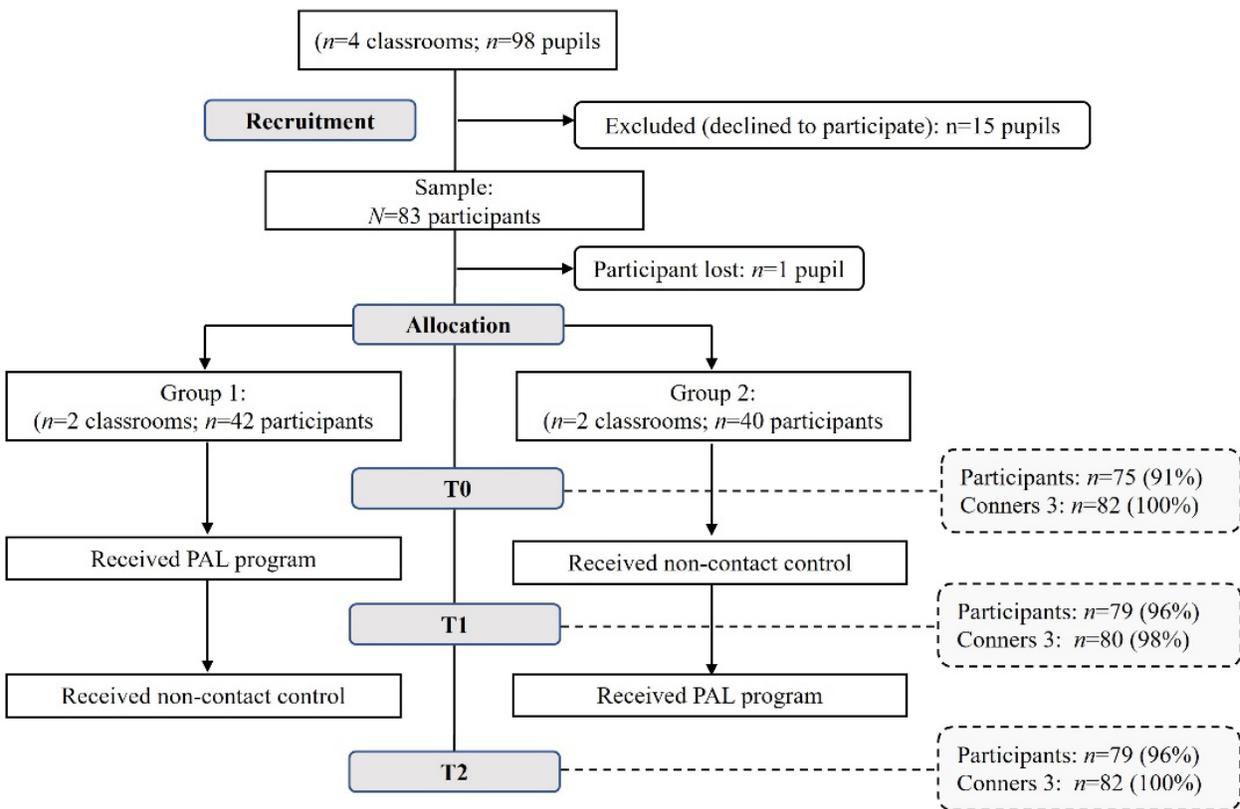


Figure 6.4 Participant flow Diagram

### 6.5.1 Child Characteristics

The parental baseline questionnaire was completed by 72 parents (88%). Two parents refused to disclose salary details, and 34 parents (42%) did not answer questions about the family's vulnerability score. Families living in the same rural area and participating schools were all considered disadvantaged

according to the Quebec Ministry of Education index of deprivation (decile rank 8 and above). There were no differences between the groups on any measure at baseline (see Table 6.2).

### 6.5.2 Intervention compliance

Most students completed the entire PAL program (24 sessions). Although there were a few missed sessions due to school absences, all participants completed at least 85% of the sessions. However, it is important to note that one teacher in group 2 (the classroom of 21 participants) shared 6 sessions virtually with her students via Microsoft Teams software (online virtual classroom due to COVID-19). This teacher is unable to confirm whether participants completed the sessions correctly.

### 6.5.3 Intervention Effects

Table 6.3 presents the mean scores, standard deviations at each assessment time (T0, T1, & T2), and the mean differences across times (T0-T1, T1-T2, & T0-T2) for the outcome measures in both groups (1 & 2). It is important to note that some data were lost due to incomplete or missing data forms, primarily attributed to absence from the assessment session or time constraints during testing.

#### 6.5.3.1 Primary outcomes: domains of child development

Analyses of variance yielded significant group  $\times$  assessment time interactions for two variables related to affective domains: Inattention ( $F_{236.30} = 4.818$ ;  $p < 0.05$ ) and Hyperactivity-impulsivity ( $F_{130.42} = 3.443$ ;  $p < 0.05$ ) (see Tables 6-3) and one variable associated with the physical/motor domain, which is  $VO_2\max$  ( $F_{149.21} = 11.63$ ;  $p < 0.001$ ).

In group 1, there was a significant decrease in the intensity of reported symptoms after the PAL program (T0-T1) ( $p < 0.001$ ) and a significant increase after the no-contact condition (T1-T2) ( $p < 0.05$ ) for both symptoms. However, there was no significant difference between T0 and T2. No interaction effects were observed in group 2.

For Inattention and Hyperactivity-Impulsivity symptom intensity, there was a significant decrease in the reported intensity in group 1 after the PAL program (T0-T1) ( $p < 0.001$ ) and a significant increase after the no-contact condition (T1-T2) ( $p < 0.05$ ), with no significant difference between T0 and T2. No interaction effects were observed in group 2.

For VO<sub>2</sub>max, there was a significant improvement in performance in group 1 after the PAL program (T0-T1) ( $p < 0.001$ ) and a significant decrease after the no-contact condition (T1-T2) ( $p < 0.05$ ), without significant improvement between T0 and T2 ( $p < 0.05$ ). No significant difference was observed in group 2.

Notably, no significant differences were observed for cognitive, social, or language outcomes.

Table 6.2 Characteristics of Participants at Baseline (T0)

Baseline characteristics	Group 1 (n=42)		Group 2 (n=40)		Full sample (N=82)		Groups difference <i>p</i>
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	
Sex							0,335
Girls	22	52	23	58	45	55	
Boys	20	48	17	43	37	45	
ADHD Dx	8	19	12	30	20	24	0.217
ADHD Rx	7	17	8	20	15	18	0.929
PA <sub>a</sub> (min.)							0.183
0-89	16	38	13	33	29	35	
90-149	3	7	3	8	6	7	
150-299	6	14	5	8	11	13	
300-419	3	7	2	5	5	6	
≥420	4	10	10	25	14	17	
PA <sub>b</sub>							0.584
0-89	21	50	22	55	42	52	
90-149	3	7	0	0	3	4	
150-299	2	5	2	5	4	5	
300-419	2	5	3	8	5	6	
≥420	4	5	7	8	11	13	
INC							0.412
Unknown	12	29	7	18	19	23	
<45 000	7	17	6	15	13	16	
45 000-89 999	6	14	4	10	10	12	
90 000-149 999	12	29	12	28	23	28	
150 000-199 999	5	12	9	23	14	17	
>200 000	0	0	3	8	3	4	
FVS							0.356
Unknown	20	48	16	40	36	44	
14.0-18.4	3	7	0	0	3	4	
18.5-22.4	4	10	5	13	9	11	
22.5-26.4	8	19	14	35	22	27	
26.5-30.0	7	17	5	13	12	15	

Note: ADHD Dx = ADHD diagnosis; ADHD Rx = ADHD treatment; PA<sub>a</sub> = physical activity level before COVID-19; PA<sub>b</sub> = physical activity level at T0; min. = minutes; INC = family incomes (\$); FVS = Family vulnerability scores; n = number of participants; % = % of participants.

### 6.5.3.2 Covariates

Analysis revealed that ADHD Dx, age, and sex interacted with study interventions. ADHD Dx significantly influenced Inattention symptoms ( $p < 0.001$ ), Learning Problems and Executive Functioning ( $p < 0.05$ ), and Peer Relation ( $p < 0.01$ ). The results indicate that these measures were higher (indicating greater reported symptom intensity) in children with ADHD than in children without ADHD. Age had an impact on the z scores for Motor Performance ( $p < 0.001$ ), Executive Functioning ( $p < 0.001$ ), and Language ( $p < 0.001$ ), with performance improving with age. Sex significantly affected hyperactivity-impulsivity symptoms ( $p < 0.001$ ) and peer relations ( $p < 0.05$ ), with boys exhibiting more hyperactivity-impulsivity symptoms than girls (56.76% vs. 48.27%, respectively) and fewer peer-relation difficulties (54.86% vs. 62.30%, respectively).

Contrary to our hypotheses, the initial level of PA (PA<sub>a</sub> or PA<sub>b</sub>) or the diagnosis of ADHD did not influence the effectiveness of the intervention.

## 6.6 Discussion

Over the past few years, there has been a growing interest in school-based PAL programs as promising interventions to increase PA levels among school-aged children and potentially enhance educational outcomes (Bacon et Lord, 2021; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Daly-Smith et al., 2018; Norris et al., 2020; Petrigna et al., 2022). However, limited knowledge exists regarding the effects of these interventions on holistic child development when implemented in the classroom over an extended period. Therefore, this study aimed to comprehensively assess the impact of a PAL intervention, known as the Cogni-Actif© program, across the five domains of child development, considering both initial PA levels and the presence of ADHD, two common issues that influence the child's developmental trajectory (Bull et al., 2020; Faraone et al., 2021). Interestingly, what makes Cogni-Actif© stand out from the previous PAL is that its content, developed in close collaboration with teachers, is entirely aligned with the Quebec curriculum in mathematics and French and is available in a ready-to-use digital format.

Table 6.3 Means, Standard Deviations, and Mean Difference Across Groups for Child Development Domains

	Gr	T0			T1			T2			T0-T1		T1-T2		T0-T2	
		n	M	SE	n	M	SE	n	M	SE	Diff.	95% CI	Diff.	95% CI	Diff.	95% CI
<b>Cognitive</b>																
LP & EF	1	42	57.48	1.97	42	54.60	1.97	38	57.15	1.97	2.88	[2.02, 3.74]	2.55	[1.67, 3.43]	0.33	[-0.54, 1.21]
	2	40	58.84	2.04	40	58.80	2.05	40	59.19	2.04	0.04	[-0.87, 0.95]	0.39	[-0.52, 1.30]	0.35	[-0.56, 1.26]
AS	1	35	8.89	0.51	36	8.76	0.49	37	9.63	0.50	0.13	[-0.11, 0.37]	0.87	[0.64, 1.10]	0.74	[0.50, 0.98]
	2	38	9.02	0.51	29	10.40	0.51	34	10.08	0.51	1.38	[1.13, 1.63]	0.32	[0.06, 0.58]	1.06	[0.82, 1.30]
AA	1	35	8.17	0.50	36	9.32	0.48	37	10.95	0.49	1.15	[0.92, 1.38]	1.63	[1.40, 1.86]	2.78	[2.54, 3.01]
	2	38	8.15	0.49	29	9.67	0.50	34	10.72	0.50	1.52	[1.28, 1.76]	1.05	[0.80, 1.30]	2.57	[2.34, 2.80]
RS	1	35	8.38	0.53	36	10.10	0.53	37	10.27	0.54	1.72	[1.46, 1.98]	0.17	[-0.08, 0.42]	1.89	[2.63, 2.15]
	2	38	8.10	0.55	29	9.25	0.55	34	10.49	0.55	1.15	[0.88, 1.42]	1.25	[0.96, 1.52]	2.39	[2.13, 2.65]
INH	1	35	8.06	0.78	36	9.55	0.77	37	9.85	0.77	1.49	[1.13, 1.85]	0.30	[-0.06, 0.66]	1.79	[1.43, 2.15]
	2	38	7.10	0.74	29	9.82	0.74	34	9.25	0.74	2.72	[2.36, 3.08]	0.57	[0.20, 0.94]	2.15	[1.89, 2.50]
<b>Physical/ Motor</b>																
MP	1	33	47.80	4.23	35	54.47	4.08	36	61.93	4.12	6.67	[4.66, 8.68]	7.46	[5.52, 9.40]	14.14	[12.12, 16.14]
	2	38	62.98	4.27	32	60.87	4.18	28	70.03	4.06	2.11	[0.09, 4.14]	9.16	[7.03, 11.30]	7.05	[4.97, 9.13]
VO2max	1	33	43.8	0.6	35	47.0	0.6	36	45.4	0.6	3.2***	[2.9, 3.5]	1.7*	[1.4, 2.0]	1.5*	[1.3, 1.8]
	2	38	47.8	0.6	32	46.6	0.6	38	47.3	0.6	1.1	[0.8, 1.4]	0.6	[0.4, 0.9]	0.5	[0.2, 0.9]
<b>Social</b>																
PR	1	42	66.18	2.11	42	65.58	2.11	38	62.10	2.11	0.60	[-0.32, 1.52]	3.48	[2.54, 4.42]	4.08	[3.14, 5.02]
	2	40	52.37	2.26	40	52.79	2.28	40	51.02	2.26	0.42	[-0.59, 1.43]	1.77	[0.76, 2.78]	1.35	[0.34, 2.36]
<b>Affective</b>																
IN	1	42	58.72	2.00	42	53.86	2.00	38	57.91	2.00	4.86***	[3.99, 5.73]	4.05*	[3.18, 4.92]	0.81	[-0.06, 1.68]
	2	40	63.94	2.07	34	63.53	2.09	40	64.96	2.07	0.41	[-0.49, 1.31]	1.43	[0.49, 2.37]	1.02	[0.10, 1.94]
HI	1	42	55.25	1.85	42	49.37	1.85	38	54.06	1.85	5.88***	[5.08, 6.68]	4.69*	[3.89, 5.49]	1.19	[0.39, 1.99]
	2	40	53.50	1.95	40	51.61	1.97	40	51.51	1.95	1.89	[1.01, 2.77]	0.10	[-0.78, 0.98]	1.99	[1.12, 2.86]

AG	1	42	58.19	2.14	42	53.62	2.14	38	54.81	2.14	4.57	[3.64, 5.50]	1.19	[0.24, 2.14]	3.38	[2.43, 4.33]
	2	40	55.53	2.19	40	56.12	2.23	40	56.95	2.19	0.59	[-0.39, 1.57]	0.83	[-0.15, 1.81]	1.42	[0.45, 2.39]
GSW	1	37	98.90	4.33	38	100.19	4.33	-	-	-	1.39	[-0.70, 3.28]	-	-	-	-
	2	-	-	-	40	104.04	3.89	39	105.45	3.90	-	-	1.41	[-0.34, 3.16]	-	-
Language CI	1	35	10.12	0.45	36	11.15	0.44	37	9.95	0.45	1.03	[0.82, 1.24]	1.20	[0.99, 1.41]	0.17	[-0.04, 0.38]
	2	38	8.64	0.46	29	10.58	0.45	34	8.16	0.46	1.94	[1.72, 2.16]	2.42	[2.19, 2.65]	0.48	[0.26, 0.70]
SN	1	35	7.91	0.49	36	8.76	0.48	37	9.05	0.49	0.84	[0.61, 1.07]	0.29	[0.06, 0.52]	1.13	[0.90, 1.36]
	2	38	9.54	0.49	29	9.23	0.49	34	9.92	0.50	0.31	[0.07, 0.55]	0.69	[0.44, 0.94]	0.38	[0.15, 0.61]

Note: Different test batteries were used to assess dependent variables. Conners 3: Learning Problems & Executive Functioning (LPEF), Inattention symptoms (IN), Hyperactivity-Impulsivity symptoms (HI), Aggression (AG), and Peer Relations (PR); NEPSY-II subtests: Animal Sorting (AS), Auditory Attention and Response Set (AA & RS), Inhibition (INH), Comprehension of Instruction (CI) and Speeded Naming (SN); BOT-2: Motor performance (MP); SPCC: Global Self-Worth (GSW); 20 M Shuttle Run Test: maximal oxygen uptake (VO<sub>2</sub>max). GSW was only administered twice (before and after the PAL program): - means that the measurement was not taken at that time. \*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001.

### 6.6.1 Impact of PAL intervention on domains of child development

In our study, the 8-week PAL intervention demonstrated a positive influence on the physical/motor and affective development of fourth-grade children. Notably, Group 1, in particular, showed improvement in VO<sub>2</sub>max, a key component of physical fitness related to the physical/motor domain (Falk et Dotan, 2019), and a reduction in ADHD symptoms (Aranas et Leighton, 2022; Bustamante et al., 2022; Simard et al., 2023), which are linked to emotional maturity, a dimension of the affective domain (Sow et al., 2022). These findings align with previous studies that have established a correlation between increased PA levels in children and enhancements in physical fitness (Runacres et al., 2022) as well as a decrease in ADHD symptoms (Aranas et Leighton, 2022).

While these findings are compelling, it is important to acknowledge the challenges encountered during the study. Group 2, which did not show significant overall effects, faced less favorable intervention conditions that potentially impacted PA intensity. Factors such as higher classroom temperatures due to the experimental period (Khakimovich et Rozmatovich, 2022), mask wearing (Wong et al., 2020), and remote learning due to the COVID-19 pandemic (Aman et al., 2018) may have played a role. Future research should address these challenges, optimizing intervention conditions for all participants and assessing PA intensity during the intervention to better understand its role in child development and in improving VO<sub>2</sub>max (Runacres et al., 2022)[61] or managing ADHD symptoms in children (Aranas et Leighton, 2022).

This study demonstrated a positive impact of the PAL intervention on physical/motor and affective development but did not show significant improvements in cognitive, social, or language domains. This could be partly attributed to the sensitivity of the chosen assessment measures. Extending the intervention period may be necessary to detect significant improvements in behavioural issues, as observed in studies using the NEPSY-II battery (Aman et al., 2018; Shuai et al., 2021). Thus, future research should explore alternative assessment batteries for a more comprehensive evaluation of child development.

### 6.6.2 Influence of PA levels

Interestingly, the initial level of PA did not appear to significantly influence the intervention's effects, suggesting that PAL programs can benefit children across various PA levels. However, it is important to consider lifestyle changes among children during the COVID-19 pandemic, which may have played a role (Neville et al., 2022). Specifically, PA levels were significantly lower at the beginning of the study compared to students' regular PA levels (Simard et al., 2021). However, PA levels were consistently low for both

periods before and during the pandemic, with a significant portion of children classified as sedentary, engaging in minimal PA and failing to meet WHO PA guidelines.

These low levels of PA in both groups prior to the intervention may have had an impact on children's baseline  $VO_2\text{max}$  values (group 1:  $43.8 \pm 0.6$  mlO<sub>2</sub>/kg/min vs. group 2:  $47.8 \pm 0.6$  mlO<sub>2</sub>/kg/min). These baseline values even fell below the established Canadian norms (48.0 to 51.0 mlO<sub>2</sub>/kg/min) for the same age group (Hoffmann et al., 2019)[69].

Furthermore, the difference in baseline  $VO_2\text{max}$  between the two groups, with group 2 having higher baseline values than group 1, may influence the observed change in  $VO_2\text{max}$  in both groups, as discussed earlier. Typically, more substantial enhancements in  $VO_2\text{max}$  are observed in individuals with lower baseline fitness levels (Milanović et al., 2015).

Considering PAL programs as promising interventions to enhance physical fitness levels in children, this school-based approach may serve as a valuable tool to counteract the gradual decline often observed in children's  $VO_2\text{max}$  over time (Reed et al., 2006).

### 6.6.3 Influence of ADHD diagnosis

Despite the high prevalence of parent-reported ADHD (24%), our findings indicate that ADHD diagnosis did not significantly affect the intervention's effectiveness. This suggests that PAL interventions can effectively reduce symptoms of inattention and hyperactivity independently of their underlying causes. This suggests that PAL interventions may offer a broad positive impact on these symptoms, extending their benefits to all children, regardless of their diagnosis or the contributing factors.

It is important to recognize that a multitude of factors beyond ADHD can exacerbate symptoms of inattention and hyperactivity in children. These encompass issues such as sleep deprivation (Huhdanpää et al., 2019), stress and anxiety (Alexander et Harrison, 2013), trauma (D'Andrea et al., 2012) and adversity in the home (Lai et al., 2018). The effectiveness of PAL interventions in mitigating these symptoms underscores their potential as a versatile and valuable intervention for addressing a wide range of challenges that children may face.

However, it is equally crucial to acknowledge the need for further research to determine which children may benefit most from such interventions. In-depth investigations into individual differences and specific needs will be vital in tailoring PAL programs for maximum effectiveness, ensuring that they provide optimal support for every child.

#### 6.6.4 Strengths, limitations and implications for further research

This study has several strengths, including blinding outcome assessors to experiment allocation, employing an interdisciplinary approach for comprehensive child development assessment, and the dedication of school practitioners to continue experimentation despite the challenges posed by the COVID-19 pandemic.

However, there are some limitations that should be acknowledged, such as the involvement of multiple examiners and potential interexaminer reliability issues. Additionally, the testing conditions were not entirely equivalent, which could have influenced the results.

In summary, our study underscores the need for further research to advance our understanding of PAL interventions and their intricate effects on child development. Employing more sensitive assessment batteries, reducing evaluator numbers, and maintaining comprehensive PA level monitoring during interventions can aid in detecting subtle changes across various developmental domains. Conducting future research under stable conditions, free from external factors such as the COVID-19 pandemic, will provide clearer insight into the long-term effects of PAL interventions. Additionally, expanding participant pools and conducting subgroup analyses based on PA levels and the presence of ADHD can reveal nuanced insights into how PAL interventions impact diverse groups of children.

Overall, our study offers valuable insights into the potential benefits and challenges of implementing PAL programs in elementary schools. While we observed significant positive effects on physical/motor and affective development, our findings also highlight areas requiring further investigation and improvement. Ongoing and future research in this field holds the promise of enhancing our comprehension of PAL interventions and their multifaceted impact on child development, potentially leading to more effective school-based PA interventions that benefit physical activity and educational outcomes (Norris et al., 2020).

## 6.7 Data availability

The raw data supporting the conclusions of this article are available in the Observatoire du développement moteur et psychomoteur database and can be provided upon reasonable request by contacting [observatoire\\_dmp@uqac.ca](mailto:observatoire_dmp@uqac.ca).

## 6.8 List of abbreviations

ADHD	Attention deficit hyperactivity disorder
ADHD Dx	Parent-reported ADHD diagnosis
ADHD Rx	parent-reported ADHD treatment
FVS	Family vulnerability score
MVPA	Moderate-to-vigorous physical activity
PA	Physical activity
PA <sub>a</sub>	PA level before the COVID-19 pandemic
PA <sub>b</sub>	PA level at baseline
PAL	Physically active learning
WHO	World Health Organization's

## 6.9 Declarations

### 6.9.1 Ethics approval and consent to participate

This study was carried out in accordance with approval No. 2020-393 from the Research and Ethics Committee of the University du Québec à Chicoutimi. A copy of the approval is available upon request. Written informed consent in this study was provided by all the participants including the teacher and the participants' parent/legal guardian. Please note that the data used in this study was anonymized before its use.

### 6.9.2 Consent for publication

Not applicable.

### 6.9.3 Conflict of Conflicts of Interest

The Cogni-Actif© program, the PAL intervention, has been cocreated in an action research project led by the author. No other potential conflict of interest was reported by the authors.

#### 6.9.4 Funding

This research was supported by grants from the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada [SSHRC Doctoral Fellowships awarded to L.S.], the Syndicat des Chargées et Chargés de Cours de l'UQAC [Doctoral Fellowships awarded to L.S.], and the Consortium Régional de Recherche en Éducation [Financial Support for Collaborative Research]. The funders don't have any role in the conceptualization, design, data collection, analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

#### 6.9.5 Author Contribution Statement

All the authors contributed to study design and data analysis. LS wrote the manuscript. JB, ML and TC revised the manuscript. All the authors gave final approval of the version to be published.

#### 6.9.6 Acknowledgment

The authors thank Anne-Julie Bouchard, Audrey Fortin, Camille Fournier and Francis Maltais as well as all the other research assistants for their valuable contributions to this study. We are also grateful to the administration and staff of the Centre de services scolaire involved in this study.

## **CHAPITRE 7**

### **DISCUSSION GÉNÉRALE ET CONCLUSION**

#### 7.1 La synthèse des résultats

La présente thèse portait sur trois objectifs principaux. Le premier objectif était de répertorier dans la littérature scientifique les effets de la pratique d'AP sur les cinq domaines du développement global chez les enfants ayant un TDAH. Le deuxième objectif consistait à collaborer avec des enseignantes et enseignants afin de concevoir un outil d'APA à la fois pratique et facilement déployable dans le cadre scolaire. Enfin, le troisième objectif était de mesurer les répercussions de cet outil d'APA sur les cinq domaines du DGE, tout en tenant compte de l'influence potentielle du TDAH et de l'inactivité physique, dans le but de soutenir le développement des enfants d'âge scolaire confrontés à ces facteurs de vulnérabilité.

##### 7.1.1 Les bienfaits de la pratique d'AP sur le DGE chez les enfants ayant un TDAH

Le premier article de cette thèse a présenté une revue systématique de la littérature scientifique portant sur les effets de la pratique d'AP chez les enfants atteints de TDAH. Cette revue a mis en évidence les aspects du DGE influencés par la pratique d'AP, tout en identifiant les modalités d'intervention pertinentes pour cette population. Plus précisément, notre analyse s'est penchée sur les bénéfices de l'AP chez ces enfants, en examinant deux modalités : la pratique ponctuelle (une seule séance) et prolongée (plusieurs séances) d'AP.

En nous basant sur les conséquences du TDAH sur le DGE (Faraone et al., 2015; Hoogman et al., 2019; Kaiser et al., 2015; Maoz et al., 2019; Ouellet, 2010; Ros et Graziano, 2018; Verret et al., 2016) et sur les avantages bien établis de l'AP chez les enfants (OMS, Abdessemed et al., 2021; Cohen et al., 2015; Dapp et al., 2021; 2023; Pruitt et Morini, 2021; Tomporowski et Pesce, 2019), nous anticipions des bénéfices sur tous les domaines du DGE, à savoir le développement cognitif, physique/moteur, social, affectif et langagier. Les résultats de cette revue systématique ont confirmé nos hypothèses.

###### 7.1.1.1 Les bienfaits associés à la pratique ponctuelle d'AP sur le DGE chez les enfants ayant un TDAH

Tout d'abord, il a été constaté que la pratique ponctuelle d'AP contribue au développement cognitif des enfants atteints du TDAH. Ces conclusions s'accordent avec les résultats d'une récente méta-analyse qui

soutient qu'une seule séance d'AP d'intensité modérée à élevée d'une durée de 15 à 30 minutes peut temporairement améliorer les fonctions exécutives chez les enfants atteints de TDAH (Chueh et al., 2022). Selon Stillman et al. (2020), ces améliorations sont principalement attribuables à des mécanismes complexes résultants de processus biochimique qui favorisent la neuroplasticité cérébrale, dont une augmentation de l'afflux sanguin, de l'oxygénation cérébrale et de la libération de facteurs de croissance, comme les BDNF (Diamond et Ling, 2019; Stillman et al., 2020).

#### 7.1.1.2 Les bienfaits associés à la pratique prolongée d'AP sur le DGE chez les enfants ayant un TDAH

En ce qui concerne la pratique prolongée d'AP, elle contribue de manière significative au DGE chez cette population. Même si une attention particulière a été accordée aux domaines cognitif et physique/moteur dans les études recensées, des effets positifs ont été observés dans tous les domaines. Sur le plan cognitif, des améliorations ont été notés en ce qui concerne l'attention sélective, l'inhibition comportementale et la mémoire de travail, qui sont des fonctions souvent altérées chez les jeunes atteints de TDAH (Barkley, 2012).

Dans le domaine physique/moteur, des résultats probants ont été constatés, notamment en ce qui concerne la motricité fine, la motricité globale, l'endurance aérobie, ainsi que la force et l'endurance musculaire. Ces observations sont cohérentes avec les conclusions d'une récente méta-analyse (Vysniauske et al., 2020) qui suggère que la pratique prolongée d'AP a un impact positif sur les résultats fonctionnels du TDAH, y compris les fonctions exécutives et les compétences motrices, avec une relation dose-réponse évidente. Bien que la durée optimale d'AP reste à déterminer, il est établi que les interventions de plus longues durée conduisent à des résultats plus probants (Vysniauske et al., 2020). De plus, il apparaît que la pratique d'AP doit être au moins d'intensité modérée à élevée pour obtenir un effet significatif. Cependant, une fois ce seuil atteint, il n'y aurait pas de gains supplémentaires à intensité plus élevée (Vysniauske et al., 2020).

En ce qui concerne les trois autres domaines (social, cognitif et langagier), les résultats indiquent des gains potentiels après huit semaines d'intervention. L'interrelation entre les différents domaines du DGE, abordée dès l'introduction de la thèse, pourrait expliquer les effets positifs observés sur l'ensemble des domaines après une pratique régulière d'AP (Bergeron-Gaudin et al., 2022; Bouchard, 2019; Diamond, 2007). Des données supplémentaires sont toutefois nécessaires pour évaluer précisément les effets de l'AP sur ces domaines et pour déterminer les modalités d'intervention les plus efficaces en termes de fréquence, de durée et d'intensité.

### 7.1.1.3 Les bienfaits de la pratique d'AP sur les symptômes du TDAH

La revue systématique autant que nos résultats expérimentaux indiquent que la pratique d'AP contribue à réduire les symptômes du TDAH, l'inattention et l'hyperactivité-impulsivité. Ce résultat est cohérent avec la méta-analyse de Bustamante et al. (2022), qui mettent en évidence une réduction modérée des symptômes d'inattention et d'hyperactivité-impulsivité, soutenant l'idée que l'AP constitue une intervention alternative ou complémentaire aux traitements usuels.

Il est à noter que les symptômes du TDAH ont été examinés de manière indépendante au DGE dans le cadre de notre revue systématique. Cependant, une publication récente de l'Institut national de santé publique du Québec a attribué ces symptômes au domaine affectif du DGE, plus précisément à la maturité affective. Il est important de noter que ce constat a été fait après la soumission de notre revue systématique, ce qui nous a empêché d'apporter cette modification. Néanmoins, les symptômes de TDAH sont intégrés comme un déterminant du domaine affectif dès le troisième article de cette thèse.

En conclusion, les résultats de notre revue systématique soulignent l'importance de promouvoir l'AP chez cette population qui présente une vulnérabilité sur le plan du développement global. Bien que davantage de recherches soient nécessaires pour préciser les modalités d'intervention optimales, telles que la fréquence, l'intensité, le type et la durée, les connaissances établies dans cette revue ont servi de fondement théorique à la conception de l'outil d'APA initiée dans le cadre de cette thèse. En l'occurrence, ce cadre préconise une intervention minimale de 8 semaines, comprenant des sessions d'AP d'intensité modérée à élevée d'au moins 10 minutes.

### 7.1.2 La conception et le déploiement d'un outil d'APA dans le cadre scolaire

Dans notre recherche-action à devis mixte, les objectifs de recherche étaient en adéquation avec les besoins du terrain et visaient à concevoir un outil pour faciliter l'intégration d'AP en classe de manière simple et efficace. Le but principal était de soutenir le développement global de tous les élèves, avec une attention particulière portée aux enfants atteints de TDAH ou présentant des niveaux d'AP faibles, deux problématiques courantes chez les enfants d'âge scolaire.

L'article 2, traitant des données qualitatives de l'étude, a d'abord exposé le processus de codéveloppement de l'outil d'APA avant de présenter les perceptions des utilisateurs face à l'utilisation de cet outil en classe. Parmi ces utilisateurs, figuraient quatre enseignantes titulaires, trois enseignants en éducation physique et à la santé et 82 élèves.

### 7.1.2.1 La conception de l'outil d'APA

Les fondements théoriques de la conception de cet outil étaient basés, d'une part, sur les résultats de notre revue systématique portant sur les bienfaits de l'AP chez les enfants ayant un TDAH (Simard et al., 2023), et d'autre part, sur des programmes éprouvés ayant démontré leur efficacité pour soutenir l'apprentissage par l'AP (Kibbe et al., 2011; Ma et al., 2015; Mullender-Wijnsma et al., 2016). Du point de vue méthodologique, la conception de cet outil s'est inscrite dans un processus itératif basé sur le modèle du *Design Thinking*, une approche centrée sur l'utilisateur qui a permis de concevoir un outil convivial répondant aux besoins des élèves et des enseignantes et enseignants.

Au fil des entretiens avec les enseignantes titulaires, concernant leur implication dans la conception de l'outil, plusieurs éléments clés ont été identifiés. Notamment, il est ressorti que l'outil d'APA n'interfère pas avec le temps d'enseignement, intègre des notions de mathématiques et de français pertinentes et ne nécessite aucune préparation ou planification supplémentaire. Ces résultats sont cohérents avec la littérature scientifique qui préconise d'impliquer les parties prenantes dans le développement de programme d'APA (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020), d'ancrer le contenu dans le programme scolaire (Daly-Smith et al., 2021; Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020; Mullender-Wijnsma et al., 2016), de le rendre facile à déployer (Daly-Smith et al., 2021) et ce, durant les heures régulières de classe (Mullender-Wijnsma et al., 2016).

En somme, cette recherche-action a mis en évidence l'importance des parties prenantes dans le développement de l'outil d'APA et nous sommes convaincus que l'implantation réussie de cette intervention repose en grande partie sur l'engagement des enseignantes et enseignants dans le processus de conception.

### 7.1.2.2 Le déploiement de l'outil d'APA

Après avoir déployé l'outil d'APA dans quatre classes de 4<sup>e</sup> année du primaire, nous avons recueilli les retours des utilisateurs. Leurs commentaires ont permis d'identifier les avantages qu'ils ont perçus à la suite de l'utilisation de l'outil d'APA en classe. Parmi ces avantages, ils ont rapporté une augmentation du niveau d'AP des élèves, une amélioration de leur comportement en classe, ainsi qu'un impact positif sur leurs apprentissages.

Concernant l'augmentation du niveau d'AP, il faut noter que l'outil d'APA a été spécifiquement conçu pour ajouter entre 10 et 12 minutes d'AP d'intensité modérée à élevée par session d'utilisation. De manière intéressante, les élèves ont également rapporté une augmentation de leur niveau d'AP en dehors de la

classe, accompagnée d'une réduction du temps passé devant les écrans. Ces données qualitatives concordent avec la littérature scientifique. Par exemple, l'étude de Bacon et Lord (2021) a montré une augmentation significative du niveau d'AP suite à une intervention d'APA, tant en termes de volume (augmentation du nombre de pas quotidiens) que d'intensité (augmentation de la demande physiologique). Les travaux de Daly-Smith et al. (2018) et de Norris et al. (2020) vont dans la même direction, renforçant ainsi l'idée que l'APA peut avoir un impact positif sur le niveau d'AP global des élèves. Il serait opportun, dans les futures recherches, d'inclure une mesure d'AP par accélérométrie afin de quantifier précisément l'apport réel de cette intervention sur les niveaux quotidiens de pratique d'AP.

Pendant l'intervention d'APA, tous les enseignants titulaires ont noté un changement positif dans le comportement en classe. Plus spécifiquement, ils ont observé une augmentation du niveau d'attention des élèves à la suite des sessions d'APA. Cette amélioration leur permettait d'aborder des contenus académiques plus difficiles immédiatement après celles-ci. Ces observations rejoignent les résultats de Bacon et Lord (2021), qui ont montré une augmentation du temps passé sur la tâche après l'APA, signe d'une meilleure attention et d'un niveau d'engagement plus accru dans les activités d'apprentissage. Elles corroborent également les résultats de Daly-Smith et al. (2021) qui indiquent que plusieurs enseignants utilisent l'APA en classe pour permettre aux élèves de se recentrer en vue des leçons suivantes. En outre, la méta-analyse de Norris et al. (2020) suggère que le comportement en classe des élèves s'améliore après une intervention d'AP d'une durée d'au moins 10 minutes, ce qui pourrait également avoir des effets bénéfiques sur les performances académiques des élèves.

Dans notre étude, certains élèves ont d'ailleurs rapporté que l'APA les aidait à mieux retenir l'information, un fait corroboré par les enseignantes. Ces dernières ont souligné que les élèves apprenaient plus rapidement et renaient plus facilement, en particulier les concepts de mathématiques. Selon elles, l'APA a le potentiel d'améliorer l'apprentissage des élèves, en particulier pour les concepts qui sont plus faciles à assimiler par la pratique, comme les tables de multiplication. De plus, les enseignantes ont indiqué que l'apprentissage combiné, impliquant le mouvement et la pédagogie, offrait de multiples avantages aux élèves, notamment la possibilité d'apprendre de manière ludique sans avoir l'impression de travailler. Bien que cette facette de la performance académique n'ait pas été évaluée dans notre étude, ces observations corroborent les conclusions d'études antérieures. Par exemple, Mullender-Wijnsma et al. (2016) ont constaté des résultats supérieurs en mathématiques et en lecture chez les enfants ayant participé à une intervention d'APA. Cependant, il est important de noter que certaines études récentes, telles que celles menées par Bacon et Lord (2021) et par Daly-Smith et al. (2021), n'ont pas obtenu des résultats probants

ce qui concerne l'impact de l'APA sur les performances académiques. Ces divergences pourraient s'expliquer en partie par le niveau total d'AP des enfants, et non pas seulement par l'AP ajoutée par l'intervention. En effet, les travaux de James et al. (2023) ont montré que des niveaux d'AP de 90 minutes ou plus par semaine étaient associés à une amélioration de la performance académique. Ce constat souligne l'importance de quantifier le niveau total d'AP dans les études d'intervention visant à ajouter des minutes d'AP en classe.

Les utilisateurs ont également formulé des suggestions en vue d'améliorer l'outil. Les enseignantes ont notamment proposé d'intégrer une fonction permettant de moduler le niveau de difficulté en fonction des besoins de chaque classe. Quant aux élèves, ils ont suggéré d'ajouter davantage de variété, que ce soit sur le plan des graphiques ou des exercices proposés dans l'outil d'APA. Ces suggestions concordent avec les conclusions d'une revue systématique portant sur l'APA, qui indique que le niveau de difficulté du contenu doit être adaptable et évolutif pour stimuler les élèves (Daly-Smith et al., 2021). Dans le cadre de notre démarche de développement itératif, nous avons déjà entrepris d'intégrer ces éléments pour optimiser l'expérience de l'APA et la rendre plus attrayante pour les élèves. Ces travaux sont en cours et feront l'objet de publications ultérieures.

En résumé, les résultats qualitatifs de notre étude soulignent l'importance de l'engagement des parties prenantes et la pertinence du *Design Thinking* dans la création et le déploiement d'outils d'APA en milieu scolaire. Ils mettent également en évidence la nécessité d'offrir des solutions flexibles et adaptées, capables de s'intégrer harmonieusement dans le contexte éducatif pour augmenter le niveau d'AP des élèves et soutenir leurs apprentissages. Ces constatations renforcent la pertinence de l'APA en classe et ouvrent la voie à de futures recherches et développements dans ce domaine.

### 7.1.3 L'efficacité de l'outil d'APA pour soutenir le DGE

L'article 3 présentait les données quantitatives de la recherche-action visant à valider l'efficacité de l'outil d'APA destiné à favoriser le développement global des élèves, y compris ceux ayant des besoins spécifiques. Cela comprenait l'évaluation des effets de l'outil d'APA sur les cinq domaines du DGE, ainsi que l'influence d'un diagnostic de TDAH et du niveau initial d'AP des élèves sur ces résultats.

Selon nos hypothèses, l'utilisation de l'outil d'APA en classe pendant une durée de 8 semaines, à raison de 3 sessions par semaine, aurait dû conduire à des améliorations dans tous les domaines du DGE. Cependant,

ces hypothèses n'ont été validées que pour les domaines physique/moteur et affectif, où des changements significatifs ont été observés.

#### 7.1.3.1 Domaine physique/moteur

Tel qu'attendu, l'intervention a conduit à une augmentation du  $VO_2\text{max}$  des élèves, ce qui peut être attribuée à l'augmentation du niveau d'AP résultant de cette intervention. Cependant, il convient de noter que cette amélioration n'a été observée que dans le groupe 1, ce qui nous amène à la prudence quant à la généralisation de cette conclusion.

Il est important de rappeler que les élèves du groupe 2 ont fait face à des conditions sous-optimales lors de l'expérimentation de l'outil d'APA, notamment la chaleur en classe, le port du masque, et le passage à l'enseignement à domicile. Ces facteurs pourraient expliquer l'absence de résultats significatifs dans ce groupe. Cependant, le maintien des sessions d'APA lors de l'enseignement à domicile démontre l'adaptabilité de ce type d'intervention, soutenu par un support numérique, même en période de pandémie. De plus, nos résultats suggèrent que l'intervention d'APA a pu contribuer au maintien du  $VO_2\text{max}$  des élèves du groupe 2, évitant ainsi une possible diminution due à la réduction significative d'AP pendant cette période (Rossi et al., 2021). En effet, les parents ont signalé une importante diminution du niveau d'AP de leur enfant par rapport à leur pratique habituelle (pré-COVID), ce qui souligne la pertinence de l'APA en classe dans ce contexte (Simard et al., 2021). Toutefois, pour mieux comprendre le rôle précis de l'APA dans le maintien voire l'amélioration du  $VO_2\text{max}$  des élèves en période pandémique, une quantification d'AP pendant l'intervention aurait été nécessaire.

L'incidence de l'APA sur le  $VO_2\text{max}$  des enfants revêt une importance particulière, car ce déterminant est un indicateur clé de la condition physique et de la santé cardiovasculaire (Ross et al., 2016). En effet, des niveaux plus élevés de  $VO_2\text{max}$  sont corrélés à une réduction du risque de décès prématuré (Ross et al., 2016). Or, une revue systématique portant sur 965 264 enfant provenant de 19 pays rapporte un déclin annuel du  $VO_2\text{max}$  des enfants de l'ordre de 7.3% du entre 1981 et 2014 (Tomkinson et al., 2019). Cette tendance à la baisse est alarmante, soulignant ainsi l'importance de mettre en place des interventions visant à maintenir ou même à améliorer le  $VO_2\text{max}$  des jeunes générations.

Contrairement à nos attentes, l'intervention d'AP n'a eu aucun impact sur la motricité des enfants. Une intervention de plus longue durée pourrait potentiellement avoir une influence positive sur la motricité

globale, comme cela a été observé dans l'étude de Magistro et al. (2022), après deux ans d'intervention d'APA.

#### 7.1.3.2 Domaine affectif

Sur le plan affectif, nos résultats montrent une diminution significative des symptômes liés au TDAH dans le groupe 1, soit l'inattention et l'hyperactivité-impulsivité mesurés par les enseignantes et enseignants à l'aide du questionnaire Conners-3. Ces résultats sont conformes à nos hypothèses et concordent avec ceux de notre revue systématique, suggérant que l'AP contribue à atténuer ces symptômes chez les enfants ayant un TDAH. Ils concordent également avec nos résultats qualitatifs qui suggèrent une meilleure capacité d'attention chez les élèves à la suite des sessions d'APA. De plus, ces résultats indiquent que les symptômes du TDAH, évalués par le biais du questionnaire Conners 3, sont atténués indépendamment de la présence d'un diagnostic de TDAH rapporté par les parents. Cela suggère que ce type d'intervention peut bénéficier à tous les enfants, peu importe la cause de leurs symptômes.

Contrairement à nos hypothèses, aucun effet sur la confiance en soi n'a été observé suite à l'intervention d'APA. À notre connaissance aucun autre étude n'a évalué l'impact de l'APA sur la confiance en soi des enfants. Il est à noter que seul le score global au SPPC a été pris en compte dans nos analyses. Dans des futurs travaux, il serait intéressant d'examiner individuellement chacune des composantes du SPPC, à savoir la perception des enfants quant à leur compétence scolaire, acceptation sociale, compétence sportive, apparence physique et comportement (Tremblay, 1998).

#### 7.1.3.3 Domaines cognitif, social et langagier

Contrairement à nos hypothèses, aucune amélioration n'a été observée au niveau cognitif, social et langagier. Cela contraste avec de nombreuses études, qui ont signalé des gains cognitifs significatifs suite à une intervention d'APA (Egger et al., 2019; Magistro et al., 2022; Norris et al., 2020). Cette absence d'effet aux sous-tests liés à l'attention est d'autant plus surprenante considérant les données significatives portant sur l'attention des élèves tant au niveau qualitatif (entretiens avec les enseignantes), que quantitatifs (mesurés par le Conners-3).

À notre connaissance, l'effet de l'APA sur la trajectoire de développement des domaines social et langagier n'a pas encore été étudié jusqu'à maintenant. Toutefois, les études portant sur l'intégration d'AP en milieux scolaire semblent indiquer que ce type d'intervention est prometteur pour améliorer les habiletés sociales (Goh et al., 2022) et langagières des enfants (Martinez et al., 2023). Des recherches sont donc

nécessaires pour connaître l'effet de l'APA sur ces domaines et comprendre comment les caractéristiques des interventions et des participants modèrent ces effets.

Deux facteurs pourraient expliquer l'absence d'effet observée. Tout d'abord, le nombre élevé d'évaluateurs requis en raison de la pandémie de Covid-19 a pu entraîner des incohérences inter-évaluateurs. Bien que la fiabilité inter-évaluateur des tests de la batterie NEPSY-II soit élevée (93 à 99%), tous les évaluateurs n'avaient pas le même niveau de connaissances et de compétences pour administrer ces tests, et ce, malgré une formation initiale menée par une neuropsychologue comprenant des sessions de pratique. Ensuite, il est important de considérer que les caractéristiques de la batterie d'évaluation choisie peuvent aussi avoir influencé les résultats, notamment la sensibilité des sous-tests administrés. En effet, bien que la batterie de tests NEPSY-II soit largement utilisée en milieu clinique à des fins diagnostiques, il manque de validation empirique quant à sa sensibilité à détecter des changements résultants d'une intervention (Brooks et al., 2009).

Finalement, un aspect qui n'a pas encore été abordé est la sélection des variables étudiées en relation avec chaque domaine du DGE. En nous basant sur les données empiriques, nous avons choisi de nous concentrer sur les variables pour lesquelles une intervention d'APA était plus susceptible d'avoir une influence pour une durée de 8 semaines. C'était le cas notamment pour les fonctions exécutives, telles que l'attention sélective et l'inhibition (Alvarez-Bueno et al., 2017), le VO<sub>2</sub>max (Carazo-Vargas et Moncada-Jiménez, 2015), la motricité globale (Hassan et al., 2022), les problèmes sociaux et les comportements agressifs (Zang, 2019), les symptômes d'inattention et d'hyperactivité (Xie et al., 2021), et la confiance en soi (Reddon et al., 2017). Il est important de noter qu'il aurait été possible d'inclure davantage de variables, notamment dans les domaines social, affectif et langagier. Cependant, la mise en place d'une étude englobant les cinq domaines du DGE, tout en permettant une exploration approfondie de chaque aspect, implique des défis logistiques complexes. Malgré cette complexité, nous recommandons néanmoins cette approche pour observer les effets d'une intervention d'APA dans une perspective globale. Cela dit, il faut reconnaître qu'elle comporte une limitation, à savoir notre incapacité à examiner en détail chaque aspect spécifique aux cinq domaines du DGE. Par conséquent, il serait judicieux d'entreprendre des études plus approfondies se focalisant sur certains domaines du DGE, afin de mieux appréhender l'influence de l'APA sur ces domaines spécifiques.

#### 7.1.3.4 Influence du diagnostic de TDAH et du niveau initial d'AP sur les résultats

Nos hypothèses initiales suggéraient que la présence d'un TDAH, tout comme le niveau initial d'AP, pourraient influencer l'efficacité de l'outil d'APA sur le DGE. Cependant, les résultats de notre étude n'ont pas validé ces hypothèses, car ni la présence d'un diagnostic de TDAH ni le niveau initial d'AP n'ont eu d'influence significative sur les résultats obtenus.

La présence d'un diagnostic de TDAH était tout de même significativement corrélée avec les symptômes d'inattention, les problèmes d'apprentissage et les fonctions exécutives, ainsi que les relations avec les pairs. Conformément à nos attentes, les moyennes pour ces variables lors de l'évaluation initiale (T0) étaient plus élevées (intensité des symptômes rapportés) chez les enfants atteints de TDAH par rapport à ceux sans TDAH.

Afin d'approfondir notre compréhension de l'influence de ce facteur, des modifications aux futurs protocoles de recherche apparaissent pertinentes. Entre autres, il serait judicieux d'obtenir un diagnostic médical qui prend en considération la représentation du TDAH, à savoir : inattention prédominante, hyperactivité/impulsivité prédominante ou combinée pour mieux comprendre comment chaque profil d'élève réagit à l'intervention et si des différences significatives se manifestent.

En ce qui concerne le niveau d'AP, il est difficile de l'évaluer de manière précise en raison des changements importants survenus pendant la période de la COVID-19. Dans le futur, il serait opportun de mesurer de manière concrète et continue le niveau d'AP des élèves avant, pendant et après l'intervention. En analysant la corrélation entre les niveaux d'AP et les résultats obtenus, nous pourrions mieux définir la relation entre le niveau d'AP et les effets de l'intervention d'APA sur le DGE.

## 7.2 Les implications pratiques

L'inactivité physique est un fléau mondial qui a un impact dévastateur sur la santé, en plus de représenter un fardeau économique (Booth et al., 2017; Katzmarzyk, 2023). Il s'agit d'un important facteur de risque pour le développement de nombreuses maladies chroniques, notamment les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2, l'obésité, l'hypertension artérielle, et certains types de cancer, réduisant ainsi l'espérance de vie (Lee et al., 2012). De plus, l'inactivité physique peut avoir des répercussions sur la santé mentale en augmentant le risque de dépression (Bennie et al., 2020), d'anxiété et de stress (Herbert, 2022), tout en étant associée à une diminution de la qualité de vie des individus (Booth et al., 2017; Wardoku et al., 2019). L'inactivité physique exerce donc une pression sur les systèmes de santé (Kohl et al., 2012) en

entraînant une demande accrue de soins médicaux, de traitements et de ressources humaines, ce qui engendre des délais d'attente et des coûts de santé élevés (Santos et al., 2023). Par ailleurs, il ne faut pas sous-estimer les coûts indirects supportés par l'économie résultant de la perte de productivité des employés sédentaires (Rizzato et al., 2022). Dans l'ensemble, l'inactivité physique a occasionné des coûts annuels qui s'élevaient à 53,8 milliards de dollars internationaux (INT\$) en 2013 (Ding et al., 2016). Ces coûts pourraient atteindre 520 milliards INT\$ d'ici 2030 si la prévalence de l'inactivité physique ne change pas (Santos et al., 2023), mettant en évidence l'enjeu économique lié à cet important problème de santé publique.

Promouvoir l'AP devient donc une priorité pour prévenir ces conséquences et favoriser la santé globale des populations. Dans cette optique, l'OMS a élaboré un plan d'action mondiale visant à réduire l'inactivité physique de 15% chez l'adulte et chez l'adolescent d'ici 2030 (OMS, 2018). Bien qu'aucun objectif précis n'ait été fixé pour réduire l'inactivité physique chez les enfants, plusieurs stratégies de ce plan d'action ciblent spécifiquement cette population (OMS, 2018), car les habitudes d'AP instaurées pendant l'enfance exercent une influence significative sur le maintien d'une vie active à l'âge adulte (Batista et al., 2019; Tammelin, 2005). L'inquiétude envers les niveaux d'AP des enfants est d'ailleurs croissante puisque la majorité d'entre eux ne parvient pas à atteindre les recommandations minimales requises pour soutenir leur développement global et leur santé physique et mentale (Aubert et al., 2022). Des stratégies doivent donc être mises en place pour stimuler la pratique d'AP chez les enfants (Van Sluijs et al., 2007), les maintenir actif pendant leur transition vers l'adolescence (Kemp et al., 2020), et établir des bases solides vers une vie active à l'âge adulte (Pichardo et al., 2018). Ce faisant, nous pouvons contribuer à prévenir les problèmes de santé liés à l'inactivité physique, tout en réduisant les coûts de santé à long terme.

L'école occupe une place prépondérante dans la vie des enfants d'âge scolaire, ce qui en fait une cible idéale pour atteindre un grand nombre d'entre eux (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Routen, et al., 2020). L'intégration d'AP au sein des écoles primaires est largement considérée comme une stratégie prometteuse (Dobbins et al., 2013), et elle est encouragée par l'OMS (Bull et al., 2020). De nombreux gouvernements, y compris celui du Québec, ont mis en place des initiatives visant à promouvoir cette pratique. La *mesure 15023 - À l'école on bouge!*, lancée par le Ministère de l'Éducation (2023a), en est un bon exemple. Celle-ci vise à augmenter les occasions pour tous leurs élèves d'être physiquement actifs chaque jour d'école. Parmi les propositions suggérées par le gouvernement québécois pour y parvenir, on retrouve l'augmentation du temps alloué aux récréations à l'extérieur, l'augmentation du temps alloué aux cours d'éducation physique et à la santé, l'intégration de pauses actives, la promotion des

apprentissages par l'action motrice ou par la nature, ainsi que la prévision d'un ou plusieurs moments dans la journée où tous les élèves seront actifs en même temps (Ministère de l'Éducation, 2023a). Cette mesure vise à ce que chaque élève puisse atteindre les recommandations d'AP afin d'en retirer un maximum de bénéfices, notamment l'amélioration de la capacité d'attention, de la condition physique et des compétences sociales et relationnelles (Ministère de l'Éducation, 2023a). Entre d'autres termes, cette mesure vise à établir une pratique régulière d'AP pour influencer positivement la trajectoire de développement de chaque domaine du DGE.

Le programme Cogni-Actif, dont le développement itératif a été initié dans le cadre de cette thèse, s'inscrit comme un outil novateur visant à soutenir les équipes-écoles qui cherchent à mettre en œuvre l'APA dans les classes, tout en prenant en considération les défis couramment rencontrés. Conçu en collaboration avec les enseignantes et enseignants, cet outil a pour objectif de promouvoir l'APA en engageant simultanément tous les élèves d'une classe, sans nécessiter de planification supplémentaire. Ainsi, le programme Cogni-Actif offre une réponse originale au manque de temps qui représente un obstacle majeur au déploiement d'AP en classe. Cela est mis en évidence par Allison et al. (2016), révélant que seulement 50 % des enseignantes et enseignants parviennent à intégrer les 20 minutes d'AP obligatoires pendant les heures de classes, telles qu'exigées par la politique sur l'*Activité physique quotidienne*, lancée en 2005 par le ministère de l'Éducation de l'Ontario. Lorsque questionnés sur les freins rencontrés à la mise en place de cette politique, 78,8 % des enseignantes et enseignants mentionnent le manque de temps comme principal barrière, suivi de très près (78,5 %) par la préoccupation de donner la priorité aux matières principales telles que les mathématiques et la littérature. Ce sont les mêmes obstacles qui ont été identifiés par les directions d'écoles comme entrave à la mise en place de la politique dans leurs établissements (Allison et al., 2016).

Le programme Cogni-Actif a également été conçu dans le but d'atténuer les symptômes du TDAH et de limiter les impacts de ce trouble neurodéveloppemental sur le DGE. Bien que des recherches plus approfondies soient nécessaires pour évaluer l'efficacité de l'APA chez cette population, nos résultats suggèrent que l'outil d'APA développé dans cette recherche a le potentiel de réduire les symptômes d'inattention et d'hyperactivité sans affecter les autres domaines du DGE. Considérant la forte prévalence de TDAH chez les jeunes, il est pertinent de poursuivre la recherche afin de mieux comprendre l'effet de l'APA sur la maturité affective, la gestion des symptômes d'inattention et d'hyperactivité et la trajectoire de développement des différents domaines du DGE.

Selon la littérature scientifique, les bienfaits de l'APA sont multiples et s'étendent bien au-delà du DGE, qui a été le principal axe de cette thèse. Du point de vue des enseignantes et enseignants, l'APA est considérée comme une stratégie pédagogique supplémentaire pouvant rendre l'apprentissage attractif, sans négliger le temps des matières prioritaires (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Routen, et al., 2020), en plus de favoriser la concentration des élèves et l'engagement actif prolongé dans leur travail en classe, un défi croissant pour les enseignantes et enseignants (Reynolds, 2022). Du point de vue de la direction d'école, l'APA représente un moyen supplémentaire d'atteindre les cibles quotidiennes d'AP quotidienne pour chaque élève (Norris et al., 2020) et de favoriser leur réussite éducative (Norris et al., 2020). Enfin, du point de vue de l'enfant lui-même, l'APA répond à ses besoins de bouger et d'apprendre dans des contextes variés et stimulants, contribuant ainsi à son développement harmonieux et à son épanouissement (Bouchard, 2022). En somme, l'APA représente un atout majeur pour le développement global, la réussite éducative, la santé et le bien-être des enfants. Bien que des recherches supplémentaires soient requises pour mieux comprendre les effets de l'APA, les mécanismes sous-jacents et les modalités optimales d'intervention, son intégration dans les milieux scolaires devrait être fortement encouragée.

### 7.3 Les réflexions méthodologiques et les pistes de recherches futures

Cette étude présente à la fois des forces et des limitations significatives. Parmi les forces, on souligne l'approche globale adoptée pour concevoir l'intervention d'APA et évaluer son impact sur l'ensemble du DGE. Cette approche met en lumière l'importance de la collaboration interdisciplinaire (Mandelid, 2023) et du *Design Thinking* pour développer des solutions innovantes (Panke, 2019). Notre processus de conception basé sur le *Design Thinking* s'est révélé fructueux, permettant une itération continue de l'intervention en s'appuyant à la fois sur les données probantes et les besoins des utilisateurs. L'implication des enseignantes et enseignants dans le développement de l'outil d'APA est incontestablement l'un des points forts de cette recherche-action, conduisant à la création d'une solution adaptée au milieu scolaire, répondant aux besoins des enseignantes titulaires et de leurs élèves. De plus, le support de la direction du centre de services scolaire dans ce projet a été essentiel pour maintenir la recherche-action active, même en période de pandémie. Bien que cette persévérance ait présenté des défis logistiques, elle démontre la volonté du milieu de pratique de développer et de mettre en œuvre des solutions pour faciliter l'intégration de l'APA en classe.

Toutefois, plusieurs limitations ont été identifiées. Ces dernières incluent notamment l'absence de mesure précise du niveau d'AP pendant l'étude, ainsi que les conditions expérimentales disparates liées à la

COVID-19 entre les deux groupes, ce qui entrave la généralisation de nos résultats. De plus, il aurait été judicieux d'impliquer les conseillers pédagogiques, les parents et les élèves dans le processus de codéveloppement de l'outil d'APA afin d'obtenir une vision plus globale incluant toutes les parties prenantes (Daly-Smith, Quarmby, Archbold, Corrigan, et al., 2020). Enfin, un échantillon plus important et l'utilisation de tests plus sensibles auraient probablement permis une meilleure compréhension de l'impact de l'intervention d'APA sur le DGE, en particulier chez les élèves présentant des facteurs de vulnérabilités tels que le TDAH et l'inactivité physique, répondant ainsi de manière plus approfondie aux objectifs de l'étude.

Pour la suite de nos travaux, l'équipe de recherche a déjà entrepris de transformer l'outil d'APA en un jeu sérieux, en réponse aux recommandations des utilisateurs. Le processus de *Design Thinking* se poursuit en collaboration avec des enseignantes et enseignants et des conseillères et conseillers pédagogiques pour optimiser le jeu Cogni-Actif et le rendre encore plus adapté au milieu scolaire. Ces adaptations visent notamment à augmenter l'accessibilité pour les élèves en situation d'handicap et à intégrer du contenu spécifique aux autres cycles scolaires. Dans un premier temps, nous ciblerons, le préscolaire et le premier cycle, car il est largement reconnu qu'intervenir tôt maximise les impacts sur potentiels sur le DGE (Poissant et al., 2014).

Nos travaux visent également à évaluer les effets des futures itérations du jeu Cogni-Actif, entre autres sur le niveau quotidien d'AP des élèves, sur leur développement global et sur leur réussite éducative. Par ailleurs, notre équipe s'est engagée à valoriser l'ensemble des résultats de recherche au sein de l'Observatoire de développement des pratiques psychomotrices des 0-18 ans. Cette contribution continue enrichira à la fois les connaissances dans le domaine du développement psychomoteur, renforçant la compréhension des bénéfices de l'APA sur le DGE. Notre équipe bénéficie également du soutien d'Axelys, une organisation à but non lucratif créée par le gouvernement du Québec dont la mission est de contribuer à la prospérité économique et sociale du Québec en accélérant le développement et le transfert d'innovations à haut potentiel issues de la recherche publique. Notre objectif commun est de pérenniser l'outil d'APA développé en recherche pour qu'un maximum d'élèves puissent apprendre tout en étant physiquement actif. Cette initiative vise à lutter contre l'inactivité physique chez les enfants, et à réduire les symptômes associés au TDAH, et par conséquent, à contribuer au DGE en misant sur les effets positifs de l'APA.

#### 7.4 Un regard rétrospectif (post-soutenance)

Tout au long de mon parcours doctoral, j'ai fait face à une série de défis découlant de la complexité inhérente à l'utilisation d'un devis mixte, qui exige une maîtrise simultanée des méthodologies qualitatives et quantitatives, ainsi qu'une compréhension du concept de codéveloppement, en tenant compte des spécificités du Design Thinking, le tout dans un contexte pandémique.

Une fois ces défis relevés, lors de la rédaction de ma thèse, j'ai pris du recul pour réfléchir à certains choix méthodologiques, notamment celui du devis de la recherche-action, ainsi que la posture épistémologique et l'approche adoptée tout au long de ma démarche scientifique.

Le jury de thèse a également relevé ces questionnements lors de son évaluation, lesquels méritent d'être approfondis pour alimenter ma réflexion en tant que chercheuse. J'espère également que cela permettra aux lecteurs de mieux appréhender les fondements et les motivations sous-tendant certaines décisions prises au cours de mon projet doctoral.

Dans cette démarche, la lecture de Loisel et Harvey (2007) a été particulièrement éclairante à bien des égards, ouvrant vers de nouvelles perspectives pour l'orientation future du projet de recherche Cogni-Actif et pour d'autres travaux similaires.

##### 7.4.1 Le projet Cogni-Actif : une recherche-action ou une recherche-développement ?

La recherche-action est une approche méthodologique bien établie en éducation, visant à résoudre des problèmes pratiques dans des contextes spécifiques en impliquant les parties prenantes à chaque étape du processus (Efron et Ravid, 2019). Dans le cadre de ma thèse, cela impliquait une collaboration étroite entre chercheurs et praticiens scolaires pour générer des connaissances pertinentes et applicables à la résolution de problèmes concrets, tels que la promotion de l'apprentissage physiquement actif pour atténuer les effets de l'inactivité physique et du TDAH sur le développement global des enfants. Cependant, comme ce projet visait plus spécifiquement la conception et l'évaluation d'une solution concrète pour répondre à ce problème précis, nous nous sommes inspirés du processus d'innovation de la pensée design (Design Thinking). Cette approche cyclique et non linéaire, nous a permis de définir, d'idéer, de prototyper et de tester, dans le cadre de mon projet doctoral, la première itération de Cogni-Actif.

Après avoir examiné les travaux de Harvey et Loisel, qui explorent les fondements, apports et limites de la recherche-développement en éducation (Loisel et Harvey, 2007), et proposent un modèle de recherche-développement applicable spécifiquement à ce domaine (Harvey et Loisel, 2009), il est

évident que le projet Cogni-Actif s'inscrit parfaitement dans ce devis de recherche. Ce cadre méthodologique met l'accent sur la conception itérative de solutions innovantes et tangibles pour résoudre des problèmes spécifiques; des objectifs qui correspondent étroitement à la nature même du projet Cogni-Actif. Sans avoir eu connaissance de ce cadre, en combinant la recherche-action et le Design Thinking, nous avons involontairement posé les bases d'une recherche-développement. À la lumière de cette compréhension, nous sommes désormais mieux outillés pour positionner le projet Cogni-Actif ([www.ugac.ca/cogni-actif](http://www.ugac.ca/cogni-actif)) comme une recherche-développement portant sur la conception itérative d'un jeu sérieux visant à faciliter l'apprentissage physiquement actif en classe, et ainsi, répondre à un besoin dans le milieu de l'éducation.

#### 7.4.2 La posture épistémologique et les approches méthodologiques

Dans l'ère actuelle, où l'innovation sociale est au premier plan, la question de la posture épistémologique et de l'approche méthodologique à adopter est tout à fait adéquate. Les chercheurs-développeurs, en quête de solutions novatrices, sont confrontés à un défi majeur : adopter une approche à la fois flexible et créative, tout en s'appuyant sur des cadres méthodologiques rigoureux et bien établis, pour proposer des solutions pertinentes et innovantes.

Dans le cadre de mon projet de thèse, j'ai personnellement rencontré des difficultés à bien cerner la posture épistémologique et l'approche à privilégier, essayant de m'appuyer exclusivement sur une seule posture. Cependant, les réflexions issues des travaux de Loisel et Harvey (2007) ont apporté un éclairage précieux et guideront certainement les futures orientations du projet Cogni-Actif.

La recherche-développement, par sa nature itérative, requiert des prises de décision à chaque étape, de la conception à l'évaluation de la solution, jusqu'à l'analyse des données (Bergeron et Rousseau, 2021). Dans ce contexte, une approche mixte se révèle essentielle pour évaluer à la fois les processus de développement et de déploiement, ainsi que l'efficacité de la solution, permettant ainsi une réitération éclairée. Cette approche demande cependant l'adoption de différentes postures épistémologiques : une approche interprétative pour la composante qualitative et une approche positiviste pour la dimension quantitative (Bergeron et Rousseau, 2021). Ainsi, l'approche inductive doit coexister harmonieusement avec l'approche hypothético-déductive, encourageant ainsi le chercheur-développeur à s'appuyer sur un cadre théorique tout en favorisant l'émergence d'un cadre de référence adaptable. La combinaison de diverses approches de recherche ouvre également la voie à une perspective plus pragmatique, centrée sur la réalité pratique, ce qui permet une certaine flexibilité et adaptabilité dans le processus de recherche-

développement (Karsenti, 2006). En conclusion, en adoptant une approche méthodologique mixte combinant diverses postures épistémologiques, les chercheurs-développeurs sont mieux outillés pour faire face aux défis complexes et dynamiques de la recherche-développement, favorisant ainsi l'émergence de solutions novatrices.

**ANNEXE A**  
**CERTIFICATION ÉTHIQUE**

Cette thèse a fait l'objet d'une certification éthique auprès du CER-UQAC. Le numéro du certificat est 2020-393.

## BIBLIOGRAPHIE

- Abdessemed, M., Mougharbel, F., Hafizi, K., Cameron, J. D., Heidinger, B., Barnes, J., D'Angiulli, A., Adamo, K. B., Carson, V. et Okely, A. D. (2021). Associations between physical activity, sedentary time and social-emotional functioning in young children. *Mental Health and Physical Activity*, 21, 100422.
- Abshire, M., Dinglas, V. D., Cajita, M. I. A., Eakin, M. N., Needham, D. M. et Himmelfarb, C. D. (2017). Participant retention practices in longitudinal clinical research studies with high retention rates. *BMC medical research methodology*, 17, 1-10.
- Adolph, K. E. et Franchak, J. M. (2017). The development of motor behavior. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 8(1-2), e1430.
- Ahmed, G. M. et Mohamed, S. (2011). Effect of regular aerobic exercises on behavioral, cognitive and psychological response in patients with attention deficit-hyperactivity disorder. *Life Sci J*, 8(2), 366-371.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett Jr, D. R., Tudor-Locke, C., Greer, J. L., Vezina, J., Whitt-Glover, M. C. et Leon, A. S. (2011). 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(8), 1575-1581.
- Al Balushi, K. (2016). The use of online semi-structured interviews in interpretive research. *International journal of science and research (IJSR)*, 57(4), 2319-7064.
- Alexander, S. J. et Harrison, A. G. (2013). Cognitive responses to stress, depression, and anxiety and their relationship to ADHD symptoms in first year psychology students. *Journal of attention disorders*, 17(1), 29-37.
- Alghadir, A. H., Gabr, S. A. et Al-Eisa, E. (2016). Effects of physical activity on trace elements and depression related biomarkers in children and adolescents. *Biological trace element research*, 172, 299-306.
- Allison, K. R., Schoueri-Mychasiw, N., Robertson, J., Hobin, E., Dwyer, J. J. et Manson, H. (2014). Development and implementation of the Daily Physical Activity policy in Ontario, Canada: A retrospective analysis Élaboration et application de la politique sur l'activité physique quotidienne en Ontario, Canada: Analyse rétrospective.
- Allison, K. R., Vu-Nguyen, K., Ng, B., Schoueri-Mychasiw, N., Dwyer, J. J., Manson, H., Hobin, E., Manske, S. et Robertson, J. (2016). Evaluation of Daily Physical Activity (DPA) policy implementation in Ontario: surveys of elementary school administrators and teachers. *BMC public health*, 16, 1-16.
- Alvarez-Bueno, C., Pesce, C., Cavero-Redondo, I., Sanchez-Lopez, M., Martínez-Hortelano, J. A. et Martínez-Vizcaino, V. (2017). The effect of physical activity interventions on children's cognition and

metacognition: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 56(9), 729-738.

Aman, M. G., Hollway, J. A., Veenstra-VanderWeele, J., Handen, B. L., Sanders, K. B., Chan, J., Macklin, E., Arnold, L. E., Wong, T. et Newsom, C. (2018). Effects of metformin on spatial and verbal memory in children with ASD and overweight associated with atypical antipsychotic use. *Journal of Child and Adolescent Psychopharmacology*, 28(4), 266-273.

American Psychiatric Association. (2015). *DSM-5-Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Elsevier Masson.

Andermo, S., Hallgren, M., Nguyen, T.-T.-D., Jonsson, S., Petersen, S., Friberg, M., Romqvist, A., Stubbs, B. et Elinder, L. S. (2020). School-related physical activity interventions and mental health among children: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine-open*, 6(1), 1-27.

Ang, L., Kim, J. T., Kim, K., Lee, H. W., Choi, J.-Y., Kim, E. et Lee, M. S. (2023). Acupuncture for Treating Attention Deficit Hyperactivity Disorder in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina*, 59(2), 392.

Aranas, K. et Leighton, J. P. (2022). Dimensions of physical activity as related to child attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms and impairment. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, 27(4), 953-966.

Arsović, N., Đurović, R. et Rakočević, R. (2020). Influence of physical and sports activity on mental health. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 559-568.

Attanasio, O., Cattan, S. et Meghir, C. (2022). Early Childhood Development, Human Capital, and Poverty. *Annual Review of Economics*, 14, 853-892.

Aubert, S., Barnes, J. D., Demchenko, I., Hawthorne, M., Abdeta, C., Abi Nader, P., Sala, J. C. A., Aguilar-Farias, N., Aznar, S. et Bakalár, P. (2022). Global Matrix 4.0 Physical Activity Report Card grades for children and adolescents: Results and analyses from 57 countries. *Journal of physical activity and health*, 19(11), 700-728.

Bacon, P. et Lord, R. N. (2021). The impact of physically active learning during the school day on children's physical activity levels, time on task and learning behaviours and academic outcomes. *Health education research*, 36(3), 362-373.

Bailey, R., Ries, F. et Scheuer, C. (2023). Active schools in Europe—A review of empirical findings. *Sustainability*, 15(4), 3806.

Ball, N. J., Mercado III, E. et Orduña, I. (2019). Enriched environments as a potential treatment for developmental disorders: a critical assessment. *Frontiers in psychology*, 10, 466.

- Barbosa, A., Whiting, S., Simmonds, P., Scotini Moreno, R., Mendes, R. et Breda, J. (2020). Physical activity and academic achievement: an umbrella review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(16), 5972.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological bulletin*, 121(1), 65.
- Barkley, R. A. (2012). *Barkley deficits in executive functioning scale--children and adolescents (BDEFS-CA)*. Guilford Press.
- Barkley, R. A. et Murphy, K. R. (2010). Impairment in occupational functioning and adult ADHD: the predictive utility of executive function (EF) ratings versus EF tests. *Archives of clinical neuropsychology*, 25(3), 157-173.
- Barreto-Zarza, F. et Arranz-Freijo, E. B. (2022). Family Context, Parenting and Child Development: An Epigenetic Approach. *Social Sciences*, 11(3), 113.
- Barros, A. J., Matijasevich, A., Santos, I. S. et Halpern, R. (2010). Child development in a birth cohort: effect of child stimulation is stronger in less educated mothers. *International journal of epidemiology*, 39(1), 285-294.
- Bartholomew, J. B., Jowers, E. M., Roberts, G., Fall, A.-M., Errisuriz, V. L. et Vaughn, S. (2018). Active learning increases children's physical activity across demographic subgroups. *Translational Journal of the American College of Sports Medicine*, 3(1), 1.
- Bates, L. C., Zieff, G., Stanford, K., Moore, J. B., Kerr, Z. Y., Hanson, E. D., Barone Gibbs, B., Kline, C. E. et Stoner, L. (2020). COVID-19 impact on behaviors across the 24-hour day in children and adolescents: physical activity, sedentary behavior, and sleep. *Children*, 7(9), 138.
- Batista, M. B., Romanzini, C. L. P., Barbosa, C. C. L., Blasquez Shigaki, G., Romanzini, M. et Ronque, E. R. V. (2019). Participation in sports in childhood and adolescence and physical activity in adulthood: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 37(19), 2253-2262.
- Bearman, M. (2019). Focus on methodology: Eliciting rich data: A practical approach to writing semi-structured interview schedules. *Focus on Health Professional Education: A Multi-Professional Journal*, 20(3), 1-11.
- Bedard, C., St John, L., Bremer, E., Graham, J. D. et Cairney, J. (2019). A systematic review and meta-analysis on the effects of physically active classrooms on educational and enjoyment outcomes in school age children. *PloS one*, 14(6), e0218633.

- Bennie, J. A., De Cocker, K., Biddle, S. J. et Teychenne, M. J. (2020). Joint and dose-dependent associations between aerobic and muscle-strengthening activity with depression: A cross-sectional study of 1.48 million adults between 2011 and 2017. *Depression and anxiety*, 37(2), 166-178.
- Benzing, V. et Schmidt, M. (2019). The effect of exergaming on executive functions in children with ADHD: A randomized clinical trial. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 29(8), 1243-1253.
- Bergeron-Gaudin, M.-E., Melançon, A. et Sow, M. (2022). *Favoriser le développement global de l'enfant de 0 à 6 ans: Quelques principes illustrés pour guider l'action*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/3237-favoriser-developpement-global-enfant-0-6-an.pdf>
- Bergeron, L. et Rousseau, N. (2021). *La recherche-développement en contextes éducatifs: une méthodologie alliant le développement de produits et la production de connaissances scientifiques*. PUQ.
- Bernier, M. (2022). *Les habiletés motrices fines et globales chez les enfants vulnérables de maternelle 5 ans faisant partie de l'enquête québécoise sur le développement des enfants à la maternelle 2017* [Mémoire, Université du Québec à Montréal].
- Biederman, J., Monuteaux, M. C., Doyle, A. E., Seidman, L. J., Wilens, T. E., Ferrero, F., Morgan, C. L. et Faraone, S. V. (2004). Impact of executive function deficits and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) on academic outcomes in children. *Journal of consulting and clinical psychology*, 72(5), 757.
- Bjorklund, D. F. et Causey, K. B. (2017). *Children's thinking: Cognitive development and individual differences*. Sage Publications.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., Thyfault, J. P., Ruegsegger, G. N. et Toedebusch, R. G. (2017). Role of inactivity in chronic diseases: evolutionary insight and pathophysiological mechanisms. *Physiological reviews*, 97(4), 1351-1402.
- Bouchard, C. (2019). *Le développement global de l'enfant de 0 à 6 ans en contextes éducatifs*. PUQ.
- Bouchard, C. (2022). *Le développement global de l'enfant de 6 à 12 ans en contextes éducatifs*. PUQ.
- Bouchard, C. et Fréchette, N. (2010). *Le développement global de l'enfant de 6 à 12 ans en contextes éducatifs*. PUQ.
- Brooks, B. L., Sherman, E. M. et Strauss, E. (2009). NEPSY-II: A developmental neuropsychological assessment. *Child Neuropsychology*, 16(1), 80-101.

- Brown, A. et Danaher, P. A. (2019). CHE principles: Facilitating authentic and dialogical semi-structured interviews in educational research. *International Journal of Research & Method in Education*, 42(1), 76-90.
- Bruce, B., Thernlund, G. et Nettelblatt, U. (2006). ADHD and language impairment. *European child & adolescent psychiatry*, 15(1), 52-60.
- Bruininks, R. (2005). Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency,(BOT-2). *EE. UU.: Pearson*.
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S. et Chou, R. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British journal of sports medicine*, 54(24), 1451-1462.
- Burger, K. (2010). How does early childhood care and education affect cognitive development? An international review of the effects of early interventions for children from different social backgrounds. *Early childhood research quarterly*, 25(2), 140-165.
- Burns, A. et McPherson, P. (2017). Action research as iterative design: Implications for English language education research. *Reflections on qualitative research in language and literacy education*, 105-120.
- Bustamante, E. E., Balbim, G. M., Ramer, J. D., Santiago-Rodríguez, M. E., DuBois, D. L., Brunskill, A. et Mehta, T. G. (2022). Diverse multi-week physical activity programs reduce ADHD symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 102268.
- Campbell, F. A., Ramey, C. T., Pungello, E., Sparling, J. et Miller-Johnson, S. (2002). Early childhood education: Young adult outcomes from the Abecedarian Project. *Applied developmental science*, 6(1), 42-57.
- Carazo-Vargas, P. et Moncada-Jiménez, J. (2015). A meta-analysis on the effects of exercise training on the VO2max in children and adolescents. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (27), 184-187.
- Cattan, S., Fitzsimons, E., Goodman, A., Phimister, A., Ploubidis, G. et Wertz, J. (2022). Early childhood inequalities. *Institute for Fiscal Studies*, 1.
- Cech, D. J. et Martin, S. T. (2012). *Functional movement development across the life span, 3rd ed.* Elsevier Saunders: St-Louis, MO, USA.
- Cecil, C. A. et Nigg, J. T. (2022). Epigenetics and ADHD: reflections on current knowledge, research priorities and translational potential. *Molecular diagnosis & therapy*, 26(6), 581-606.
- Chaddock-Heyman, L., Erickson, K. I., Voss, M. W., Knecht, A. M., Pontifex, M. B., Castelli, D. M., Hillman, C. H. et Kramer, A. F. (2013). The effects of physical activity on functional MRI activation associated

with cognitive control in children: a randomized controlled intervention. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 72.

Chang, Y.-K., Hung, C.-L., Huang, C.-J., Hatfield, B. D. et Hung, T.-M. (2014). Effects of an aquatic exercise program on inhibitory control in children with ADHD: a preliminary study. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 29(3), 217-223.

Chaput, J.-P., Willumsen, J., Bull, F., Chou, R., Ekelund, U., Firth, J., Jago, R., Ortega, F. B. et Katzmarzyk, P. T. (2020). 2020 WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour for children and adolescents aged 5–17 years: summary of the evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17, 1-9.

Chen, M.-H., Huang, K.-L., Hsu, J.-W. et Tsai, S.-J. (2019). Treatment-resistant attention-deficit hyperactivity disorder: Clinical significance, concept, and management. *Taiwanese Journal of Psychiatry*, 33(2), 66-75.

Cheval, B., Darrous, L., Choi, K. W., Klimentidis, Y. C., Raichlen, D. A., Alexander, G. E., Cullati, S., Kutalik, Z. et Boisgontier, M. P. (2023). Genetic insights into the causal relationship between physical activity and cognitive functioning. *Scientific Reports*, 13(1), 5310.

Choi, E., Yoon, E.-H. et Park, M.-H. (2022). Game-based digital therapeutics for children and adolescents: Their therapeutic effects on mental health problems, the sustainability of the therapeutic effects and the transfer of cognitive functions. *Frontiers in Psychiatry*, 13, 986687.

Choi, J. W., Han, D. H., Kang, K. D., Jung, H. Y. et Renshaw, P. F. (2015). Aerobic exercise and attention deficit hyperactivity disorder: brain research. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(1), 33.

Choi, P. H. N. et Cheung, S. Y. (2016). Effects of an 8-week structured physical activity program on psychosocial behaviors of children with intellectual disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 33(1), 1-14.

Chou, C.-C. et Huang, C.-J. (2017). Effects of an 8-week yoga program on sustained attention and discrimination function in children with attention deficit hyperactivity disorder. *PeerJ*, 5, e2883.

Chueh, T.-Y., Hsieh, S.-S., Tsai, Y.-J., Yu, C.-L., Hung, C.-L., Benzing, V., Schmidt, M., Chang, Y.-K., Hillman, C. H. et Hung, T.-M. (2022). Effects of a single bout of moderate-to-vigorous physical activity on executive functions in children with attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review and meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 58, 102097.

Ciria, L. F., Román-Caballero, R., Vellido, M. A., Holgado, D., Luque-Casado, A., Perakakis, P. et Sanabria, D. (2023). An umbrella review of randomized control trials on the effects of physical exercise on cognition. *Nature Human Behaviour*, 1-14.

- Clearfield, M. W. (2011). Learning to walk changes infants' social interactions. *Infant Behavior and Development*, 34(1), 15-25.
- Cohen, K. E., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Barnett, L. M. et Lubans, D. R. (2015). Improvements in fundamental movement skill competency mediate the effect of the SCORES intervention on physical activity and cardiorespiratory fitness in children. *Journal of Sports Sciences*, 33(18), 1908-1918.
- 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*. Statistics Canada Ottawa, ON, Canada.
- Commission permanente de la santé et des services sociaux. (2020). *Mandat d'initiative sur l'augmentation préoccupante de la consommation de psychostimulants chez les enfants et les jeunes en lien avec le trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH): mémoire présenté à la Commission de la santé et des services sociaux*. Assemblée nationale du Québec. <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/4366831>
- Conners, C. K. (2008). Conners 3. Dans.
- Cornelius, C., Fedewa, A. L. et Ahn, S. (2017). The effect of physical activity on children with ADHD: A quantitative review of the literature. *Journal of Applied School Psychology*, 33(2), 136-170.
- Creaser, A. V., Clemes, S. A., Costa, S., Hall, J., Ridgers, N. D., Barber, S. E. et Bingham, D. D. (2021). The acceptability, feasibility, and effectiveness of wearable activity trackers for increasing physical activity in children and adolescents: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6211.
- Creswell, J. W. et Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
- Cypress, B. S. (2017). Rigor or reliability and validity in qualitative research: Perspectives, strategies, reconceptualization, and recommendations. *Dimensions of critical care nursing*, 36(4), 253-263.
- D'Andrea, W., Ford, J., Stolbach, B., Spinazzola, J. et Van der Kolk, B. A. (2012). Understanding interpersonal trauma in children: why we need a developmentally appropriate trauma diagnosis. *American Journal of Orthopsychiatry*, 82(2), 187.
- Da Silva, L. A., Doyenart, R., Salvan, P. H., Rodrigues, W., Lopes, J. F., Gomes, K., Thirupathi, A., De Pinho, R. A. et Silveira, P. C. (2019). Swimming training improves mental health parameters, cognition and motor coordination in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder. *International journal of environmental health research*, 30(5), 584-592.
- Daly-Smith, A., Morris, J. L., Norris, E., Williams, T. L., Archbold, V., Kallio, J., Tammelin, T. H., Singh, A., Mota, J. et von Seelen, J. (2021). Behaviours that prompt primary school teachers to adopt and

implement physically active learning: a meta synthesis of qualitative evidence. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 18(1), 1-20.

Daly-Smith, A., Quarmby, T., Archbold, V. S., Corrigan, N., Wilson, D., Resaland, G. K., Bartholomew, J. B., Singh, A., Tjomslund, H. E. et Sherar, L. B. (2020). Using a multi-stakeholder experience-based design process to co-develop the Creating Active Schools Framework. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17, 1-12.

Daly-Smith, A., Quarmby, T., Archbold, V. S., Routen, A. C., Morris, J. L., Gammon, C., Bartholomew, J. B., Resaland, G. K., Llewellyn, B. et Allman, R. (2020). Implementing physically active learning: Future directions for research, policy, and practice. *Journal of sport and health science*, 9(1), 41-49.

Daly-Smith, A. J., Zwolinsky, S., McKenna, J., Tomporowski, P. D., Defeyter, M. A. et Manley, A. (2018). Systematic review of acute physically active learning and classroom movement breaks on children's physical activity, cognition, academic performance and classroom behaviour: understanding critical design features. *BMJ open sport & exercise medicine*, 4(1), e000341.

Danckaerts, M., Sonuga-Barke, E. J., Banaschewski, T., Buitelaar, J., Döpfner, M., Hollis, C., Santosh, P., Rothenberger, A., Sergeant, J. et Steinhausen, H.-C. (2010). The quality of life of children with attention deficit/hyperactivity disorder: a systematic review. *European child & adolescent psychiatry*, 19, 83-105.

Dapp, L. C., Gashaj, V. et Roebbers, C. M. (2021). Physical activity and motor skills in children: A differentiated approach. *Psychology of Sport and Exercise*, 54, 101916.

de Greeff, J. W. (2016). *Physically active academic lessons: Effects on physical fitness and executive functions in primary school children* [Thesis, University of Groningen].

de Greeff, J. W., Hartman, E., Mullender-Wijnsma, M. J., Bosker, R. J., Doolaard, S. et Visscher, C. (2016). Long-term effects of physically active academic lessons on physical fitness and executive functions in primary school children. *Health education research*, 31(2), 185-194.

Design Council. (2019). *Design Council. Double Diamond Model 2019*. Viitattu. . <https://www.designcouncil.org.uk/our-work/skills-learning/tools-frameworks/framework-for-innovation-design-councils-evolved-double-diamond/>

Desranleau Robitaille, N. (2022). Évaluation de la mesure À l'école, on bouge!: quels sont les facteurs qui ont favorisé son implantation dans les écoles primaires du Québec?

Desrochers, A., Laplante, L. et Brodeur, M. (2016). Le modèle de réponse à l'intervention et la prévention des difficultés d'apprentissage de la lecture au préscolaire et au primaire. Dans. Symposium international sur la littéracie à l'école/International Symposium for Educational Literacy (SILE/ISEL)(2015: Jouvence, Québec).

- Diallo, F. B., Rochette, L., Pelletier, É., Lesage, A., Vincent, A., Vasiliadis, H.-M. et Palardy, S. (2019). *Surveillance du trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) au Québec*. Institut national de santé publique du Québec.
- Diamond, A. (2000). Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child development*, 71(1), 44-56.
- Diamond, A. (2007). Interrelated and interdependent. *Developmental science*, 10(1), 152-158.
- Diamond, A. (2016). Why improving and assessing executive functions early in life is critical. *Executive function in preschool-age children: Integrating measurement, neurodevelopment, and translational research*, 11-43.
- Diamond, A. et Ling, D. S. (2019). Review of the evidence on, and fundamental questions about, efforts to improve executive functions, including working memory. *Cognitive and working memory training: Perspectives from psychology, neuroscience, and human development*, 143.
- Ding, D., Lawson, K. D., Kolbe-Alexander, T. L., Finkelstein, E. A., Katzmarzyk, P. T., Van Mechelen, W. et Pratt, M. (2016). The economic burden of physical inactivity: a global analysis of major non-communicable diseases. *The lancet*, 388(10051), 1311-1324.
- Dobbins, M., Husson, H., DeCorby, K. et LaRocca, R. L. (2013). School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18. *Cochrane database of systematic reviews*, (2).
- Dollman, J., Okely, A. D., Hardy, L., Timperio, A., Salmon, J. et Hills, A. P. (2009). A hitchhiker's guide to assessing young people's physical activity: Deciding what method to use. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(5), 518-525.
- Donnelly, J. E., Greene, J. L., Gibson, C. A., Smith, B. K., Washburn, R. A., Sullivan, D. K., DuBose, K., Mayo, M. S., Schmelzle, K. H. et Ryan, J. J. (2009). Physical Activity Across the Curriculum (PAAC): a randomized controlled trial to promote physical activity and diminish overweight and obesity in elementary school children. *Preventive medicine*, 49(4), 336-341.
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Greene, J. L., Hansen, D. M., Gibson, C. A., Sullivan, D. K., Poggio, J., Mayo, M. S., Lambourne, K. et Szabo-Reed, A. N. (2017). Physical activity and academic achievement across the curriculum: Results from a 3-year cluster-randomized trial. *Preventive medicine*, 99, 140-145.
- Donnelly, J. E. et Lambourne, K. (2011). Classroom-based physical activity, cognition, and academic achievement. *Preventive medicine*, 52, S36-S42.
- Duncan, G. J. et Magnuson, K. (2013). Investing in preschool programs. *Journal of economic perspectives*, 27(2), 109-132.

- DuPaul, G. J. et Volpe, R. J. (2009). ADHD and learning disabilities: Research findings and clinical implications. *Current Attention Disorders Reports*, 1(4), 152-155.
- Dyrstad, S. M., Kvalø, S. E., Alstveit, M. et Skage, I. (2018). Physically active academic lessons: acceptance, barriers and facilitators for implementation. *BMC public health*, 18(1), 1-11.
- Ebert, S. (2020). Theory of mind, language, and reading: Developmental relations from early childhood to early adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 191, 104739.
- Efron, S. E. et Ravid, R. (2019). *Action research in education: A practical guide*. Guilford Publications.
- Egger, F., Benzing, V., Conzelmann, A. et Schmidt, M. (2019). Boost your brain, while having a break! The effects of long-term cognitively engaging physical activity breaks on children's executive functions and academic achievement. *PloS one*, 14(3), e0212482.
- Erickson, K. I., Hillman, C., Stillman, C. M., Ballard, R. M., Bloodgood, B., Conroy, D. E., Macko, R., Marquez, D. X., Petruzzello, S. J. et Powell, K. E. (2019). Physical activity, cognition, and brain outcomes: a review of the 2018 physical activity guidelines. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(6), 1242.
- Erskine, H. E., Norman, R. E., Ferrari, A. J., Chan, G. C., Copeland, W. E., Whiteford, H. A. et Scott, J. G. (2016). Long-term outcomes of attention-deficit/hyperactivity disorder and conduct disorder: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 55(10), 841-850.
- Espinet, S. D., Graziosi, G., Toplak, M. E., Hesson, J. et Minhas, P. (2022). A review of Canadian diagnosed ADHD prevalence and incidence estimates published in the past decade. *Brain sciences*, 12(8), 1051.
- Etnier, J. L., Wideman, L., Labban, J. D., Piepmeyer, A. T., Pendleton, D. M., Dvorak, K. K. et Becofsky, K. (2016). The effects of acute exercise on memory and brain-derived neurotrophic factor (BDNF). *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 38(4), 331-340.
- Fabio, R. A., Capri, T., Iannizzotto, G., Nucita, A. et Mohammadhasani, N. (2019). Interactive avatar boosts the performances of children with attention deficit hyperactivity disorder in dynamic measures of intelligence. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(9), 588-596.
- Falk, B. et Dotan, R. (2019). Measurement and interpretation of maximal aerobic power in children. *Pediatric Exercise Science*, 31(2), 144-151.
- Faraone, S. V., Asherson, P., Banaschewski, T., Biederman, J., Buitelaar, J. K., Ramos-Quiroga, J. A., Rohde, L. A., Sonuga-Barke, E. J., Tannock, R. et Franke, B. (2015). Attention-deficit/hyperactivity disorder. *Nature reviews Disease primers*, 1, 15020.

- Faraone, S. V., Banaschewski, T., Coghill, D., Zheng, Y., Biederman, J., Bellgrove, M. A., Newcorn, J. H., Gignac, M., Al Saud, N. M. et Manor, I. (2021). The world federation of ADHD international consensus statement: 208 evidence-based conclusions about the disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *128*, 789-818.
- Faraone, S. V. et Buitelaar, J. (2010). Comparing the efficacy of stimulants for ADHD in children and adolescents using meta-analysis. *European child & adolescent psychiatry*, *19*, 353-364.
- Farooq, A., Martin, A., Janssen, X., Wilson, M. G., Gibson, A. M., Hughes, A. et Reilly, J. J. (2020). Longitudinal changes in moderate-to-vigorous-intensity physical activity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, *21*(1), e12953.
- Ganjeh, P., Hagmayer, Y., Meyer, T., Kuhnert, R., Ravens-Sieberer, U., von Steinbuechel, N., Rothenberger, A. et Becker, A. (2022). Physical activity and the development of general mental health problems or attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) symptoms in children and adolescents: A cross-lagged panel analysis of long-term follow-up epidemiological data. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *16*, 933139.
- Gibson, C. B. (2017). Elaboration, generalization, triangulation, and interpretation: On enhancing the value of mixed method research. *Organizational Research Methods*, *20*(2), 193-223.
- Gibson, F. (2007). Conducting focus groups with children and young people: strategies for success. *Journal of research in nursing*, *12*(5), 473-483.
- Goh, T. L., Fu, Y., Brusseau, T. et Hannon, J. (2018). On-task behavior of elementary students during movement integration. *Journal of Physical Education and Sport*, *18*(1), 103-106.
- Goh, T. L., Leong, C. H., Brusseau, T. A. et Hannon, J. (2019). Children's physical activity levels following participation in a classroom-based physical activity curriculum. *Children*, *6*(6), 76.
- Goh, T. L., Leong, C. H., Fede, M. et Ciotto, C. (2022). Before-School Physical Activity Program's Impact on Social and Emotional Learning. *Journal of School Health*, *92*(7), 674-680.
- Gohr Månsson, A., Elmose, M., Mejdal, A., Dalsgaard, S. et Roessler, K. K. (2019). The effects of practicing target-shooting sport on the severity of inattentive, hyperactive, and impulsive symptoms in children: a non-randomised controlled open-label study in Denmark. *Nordic journal of psychiatry*, *73*(4-5), 233-243.
- Gonzalez, N. A., Sakhamuri, N., Athiyaman, S., Randhi, B., Gutlapalli, S. D., Pu, J., Zaidi, M. F., Patel, M., Atluri, L. M. et Franchini, A. P. A. (2023). A Systematic Review of Yoga and Meditation for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Children. *Cureus*, *15*(3).

- Gonzalez, S. L., Alvarez, V. et Nelson, E. L. (2019). Do gross and fine motor skills differentially contribute to language outcomes? A systematic review. *Frontiers in psychology*, 10, 2670.
- Gouvernement du Québec. (2014). Favoriser le développement global des jeunes enfants au Québec : une vision partagée pour des interventions concertées. <https://www.mfa.gouv.qc.ca/fr/publication/Documents/Favoriser-le-developpement-global-des-jeunes-enfants-au-quebec.pdf>
- Gouvernement de l'Ontario. (2005). *Politique/Programmes Note 138: Activité physique quotidienne dans les écoles élémentaires, de la 1re à la 8e année*. <https://www.ontario.ca/fr/document/education-ontario-directives-en-matiere-de-politiques-et-de-programmes/politiqueprogrammes-note-138>
- Gouvernement du Québec. (2021). *Programme de formation de l'école québécoise : éducation préscolaire*. [http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/education/jeunes/pfeg/Programme-cycle-prescolaire.pdf](http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeg/Programme-cycle-prescolaire.pdf)
- Graziano, P. A. et Garcia, A. (2016). Attention-deficit hyperactivity disorder and children's emotion dysregulation: A meta-analysis. *Clinical psychology review*, 46, 106-123.
- Greenberg, M. T. et Abenavoli, R. (2017). Universal interventions: Fully exploring their impacts and potential to produce population-level impacts. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 10(1), 40-67.
- Grieco, L. A., Jowers, E. M., Errisuriz, V. L. et Bartholomew, J. B. (2016). Physically active vs. sedentary academic lessons: A dose response study for elementary student time on task. *Preventive medicine*, 89, 98-103.
- Guo, J., Tang, X., Marsh, H. W., Parker, P., Basarkod, G., Sahdra, B., Ranta, M. et Salmela-Aro, K. (2023). The roles of social–emotional skills in students' academic and life success: A multi-informant and multicohort perspective. *Journal of Personality and Social Psychology*, 124(5), 1079.
- Gut, J., Heckmann, C., Meyer, C. S., Schmid, M. et Grob, A. (2012). Language skills, mathematical thinking, and achievement motivation in children with ADHD, disruptive behavior disorders, and normal controls. *Learning and individual Differences*, 22(3), 375-379.
- Hale, G. E., Colquhoun, L., Lancastle, D., Lewis, N. et Tyson, P. J. (2023). Physical activity interventions for the mental health of children: A systematic review. *Child: Care, Health and Development*, 49(2), 211-229.
- Halle, T. G. et Darling-Churchill, K. E. (2016). Review of measures of social and emotional development. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 45, 8-18.

- Hamer, M. et Steptoe, A. (2007). Association between physical fitness, parasympathetic control, and proinflammatory responses to mental stress. *Psychosomatic medicine*, 69(7), 660-666.
- Harbourne, R. T. et Berger, S. E. (2019). Embodied cognition in practice: exploring effects of a motor-based problem-solving intervention. *Physical therapy*, 99(6), 786-796.
- Harpin, V., Mazzone, L., Raynaud, J., Kahle, J. et Hodgkins, P. (2016). Long-term outcomes of ADHD: a systematic review of self-esteem and social function. *Journal of attention disorders*, 20(4), 295-305.
- Harpin, V. A. (2005). The effect of ADHD on the life of an individual, their family, and community from preschool to adult life. *Archives of disease in childhood*, 90(suppl 1), i2-i7.
- Harrington, E. M., Trevino, S. D., Lopez, S. et Giuliani, N. R. (2020). Emotion regulation in early childhood: Implications for socioemotional and academic components of school readiness. *Emotion*, 20(1), 48.
- Harris, M. A. (2018). The relationship between physical inactivity and mental wellbeing: Findings from a gamification-based community-wide physical activity intervention. *Health psychology open*, 5(1), 2055102917753853.
- Harvey, S. et Loiselle, J. (2009). Proposition d'un modèle de recherche développement. *Recherches qualitatives*, 28(2), 95-117.
- Hassan, M. A., Liu, W., McDonough, D. J., Su, X. et Gao, Z. (2022). Comparative Effectiveness of Physical Activity Intervention Programs on Motor Skills in Children and Adolescents: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 11914.
- Hattabi, S., Bouallegue, M., Jelleli, H., Hammami, N., Yahya, H. B. et Bouden, A. (2019). Effectiveness of a Recreational Swimming Program on Cognitive Functions of School-Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). *Transylvanian Review*, 27(37).
- Heckman, J. J. (2006). Skill formation and the economics of investing in disadvantaged children. *Science*, 312(5782), 1900-1902.
- Herbert, C. (2022). Enhancing mental health, well-being and active lifestyles of university students by means of physical activity and exercise research programs. *Frontiers in Public Health*, 10, 849093.
- Hillman, C. H., Erickson, K. I. et Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9(1), 58-65.
- Hirsch, O., Chavanon, M., Riechmann, E. et Christiansen, H. (2018). Emotional dysregulation is a primary symptom in adult Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). *Journal of affective disorders*, 232, 41-47.

- Hoffmann, M. D., Colley, R. C., Doyon, C. Y., Wong, S. L., Tomkinson, G. R. et Lang, J. J. (2019). Normative-referenced percentile values for physical fitness among Canadians. *Health Rep*, 30(10), 14-22.
- Hoogman, M., Muetzel, R., Guimaraes, J. P., Shumskaya, E., Mennes, M., Zwiers, M. P., Jahanshad, N., Sudre, G., Wolfers, T. et Earl, E. A. (2019). Brain imaging of the cortex in ADHD: a coordinated analysis of large-scale clinical and population-based samples. *American Journal of Psychiatry*, 176(7), 531-542.
- Hoza, B., Martin, C. P., Pirog, A. et Shoulberg, E. K. (2016). Using physical activity to manage ADHD symptoms: the state of the evidence. *Current psychiatry reports*, 18, 1-7.
- Huang, C.-J., Huang, C.-W., Tsai, Y.-J., Tsai, C.-L., Chang, Y.-K. et Hung, T.-M. (2017). A preliminary examination of aerobic exercise effects on resting EEG in children with ADHD. *Journal of attention disorders*, 21(11), 898-903.
- Huhdanpää, H., Morales-Muñoz, I., Aronen, E. T., Pölkki, P., Saarenpää-Heikkilä, O., Paunio, T., Kylliäinen, A. et Paavonen, E. J. (2019). Sleep difficulties in infancy are associated with symptoms of inattention and hyperactivity at the age of 5 years: a longitudinal study. *Journal of Developmental and Behavioral pediatrics*, 40(6), 432.
- Hung, C.-L., Huang, C.-J., Tsai, Y.-J., Chang, Y.-K. et Hung, T.-M. (2016). Neuroelectric and behavioral effects of acute exercise on task switching in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Frontiers in psychology*, 7, 216413.
- Hyman, C., Hofer, M., Barde, Y.-A., Juhasz, M., Yancopoulos, G. D., Squinto, S. P. et Lindsay, R. M. (1991). BDNF is a neurotrophic factor for dopaminergic neurons of the substantia nigra. *Nature*, 350(6315), 230-232.
- Iverson, J. M. et Goldin-Meadow, S. (2005). Gesture paves the way for language development. *Psychological science*, 16(5), 367-371.
- James, J., Pringle, A., Mourton, S. et Roscoe, C. M. (2023). The Effects of Physical Activity on Academic Performance in School-Aged Children: A Systematic Review. *Children*, 10(6), 1019.
- Janssen, I. et LeBlanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 1-16.
- Janus, M., Brinkman, S. et Guhn, M. (2023). Early development instrument. Dans *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* (p. 1-8). Springer.
- Janus, M. et Offord, D. R. (2007). Development and psychometric properties of the Early Development Instrument (EDI): A measure of children's school readiness. *Canadian Journal of Behavioural Science/Revue canadienne des sciences du comportement*, 39(1), 1.

- Jarraya, S., Wagner, M., Jarraya, M. et Engel, F. A. (2019). 12 weeks of kindergarten-based yoga practice increases visual attention, visual-motor precision and decreases behavior of inattention and hyperactivity in 5-year-old children. *Frontiers in psychology*, *10*, 796.
- Jebeile, H., Kelly, A. S., O'Malley, G. et Baur, L. A. (2022). Obesity in children and adolescents: epidemiology, causes, assessment, and management. *The lancet Diabetes & endocrinology*, *10*(5), 351-365.
- Jylänki, P., Mbay, T., Hakkarainen, A., Sääkslahti, A. et Aunio, P. (2022). The effects of motor skill and physical activity interventions on preschoolers' cognitive and academic skills: A systematic review. *Preventive medicine*, *155*, 106948.
- Kadri, A., Slimani, M., Bragazzi, N. L., Tod, D. et Azaiez, F. (2019). Effect of taekwondo practice on cognitive function in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(2), 204.
- Kail, R. V. (2004). Cognitive development includes global and domain-specific processes. *Merrill-Palmer Quarterly*, *50*(4), 445-455.
- Kaiser, M.-L., Schoemaker, M., Albaret, J.-M. et Geuze, R. (2015). What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. *Research in developmental disabilities*, *36*, 338-357.
- Kallio, H., Pietilä, A. M., Johnson, M. et Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of advanced nursing*, *72*(12), 2954-2965.
- Kantomaa, M. T., Purtsi, J., Taanila, A. M., Remes, J., Viholainen, H., Rintala, P., Ahonen, T. et Tammelin, T. H. (2011). Suspected motor problems and low preference for active play in childhood are associated with physical inactivity and low fitness in adolescence. *PloS one*, *6*(1), e14554.
- Karlstad, Ø., Furu, K., Stoltenberg, C., Håberg, S. E. et Bakken, I. J. (2017). ADHD treatment and diagnosis in relation to children's birth month: Nationwide cohort study from Norway. *Scand J Public Health*, *45*(4), 343-349.
- Karsenti, T. (2006). Pragmatisme et méthodologie de recherche en sciences de l'éducation: passons à la version 3.0. *Formation et profession*, *13*(1), 2-5.
- Katzmarzyk, P. T. (2023). Expanding our understanding of the global impact of physical inactivity. *The Lancet Global Health*, *11*(1), e2-e3.
- Kautz, T., Heckman, J. J., Diris, R., Ter Weel, B. et Borghans, L. (2014). *Fostering and measuring skills: Improving cognitive and non-cognitive skills to promote lifetime success*. OECD Publishing.

<https://www.oecd.org/education/cei/Fostering-and-Measuring-Skills-Improving-Cognitive-and-Non-Cognitive-Skills-to-Promote-Lifetime-Success.pdf>

- Kellermeyer, L., Harnke, B. et Knight, S. (2018). Covidence and rayyan. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 106(4), 580.
- Kemp, B. J., Parrish, A.-M., Batterham, M. et Cliff, D. P. (2020). Participation in domains of physical activity among Australian youth during the transition from childhood to adolescence: a longitudinal study. *Journal of physical activity and health*, 17(3), 278-286.
- Kessler, R., Adler, L., Berglund, P., Green, J. G., McLaughlin, K., Fayyad, J., Russo, L., Sampson, N., Shahly, V. et Zaslavsky, A. (2014). The effects of temporally secondary co-morbid mental disorders on the associations of DSM-IV ADHD with adverse outcomes in the US National Comorbidity Survey Replication Adolescent Supplement (NCS-A). *Psychological medicine*, 44(8), 1779-1792.
- Khakimovich, K. S. et Rozmatovich, U. S. (2022). Regional Problems of Differentiated Physical Education of Preschool Children. *Journal of Higher Education Theory & Practice*, 22(15).
- Kibbe, D. L., Hackett, J., Hurley, M., McFarland, A., Schubert, K. G., Schultz, A. et Harris, S. (2011). Ten Years of TAKE 10!®: Integrating physical activity with academic concepts in elementary school classrooms. *Preventive medicine*, 52, S43-S50.
- Kleeren, L., Hallemans, A., Hoskens, J., Klingels, K., Smits-Engelsman, B. et Verbecque, E. (2023). A Critical View on Motor-based Interventions to Improve Motor Skill Performance in Children With ADHD: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of attention disorders*, 27(4), 354-367.
- Klupp, S., Möhring, W., Lemola, S. et Grob, A. (2021). Relations between fine motor skills and intelligence in typically developing children and children with attention deficit hyperactivity disorder. *Research in developmental disabilities*, 110, 103855.
- Kmet, L. M., Cook, L. S. et Lee, R. C. (2004). Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields.
- Kochanowska, M. et Gagliardi, W. R. (2022). The double diamond model: In pursuit of simplicity and flexibility. *Perspectives on Design II: Research, Education and Practice*, 19-32.
- Kohl, H. W., Craig, C. L., Lambert, E. V., Inoue, S., Alkandari, J. R., Leetongin, G. et Kahlmeier, S. (2012). The pandemic of physical inactivity: global action for public health. *The lancet*, 380(9838), 294-305.
- Kohl, H. W., Moore, B. M., Sutton, A. W., Kibbe, D. L. et Schneider, D. C. (2001). A curriculum-integrated classroom physical activity promotion tool for elementary schools: teacher evaluation of TAKE 10!™. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), S179.

- Korkman, M., Kirk, U. et Kemp, S. (2014). *NEPSY-ii*. Pearson Madrid.
- Korrel, H., Mueller, K. L., Silk, T., Anderson, V. et Sciberras, E. (2017). Research Review: Language problems in children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder—a systematic meta-analytic review. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(6), 640-654.
- Kowal, S. et O'Connell, D. C. (2014). Transcription as a crucial step of data analysis. *The SAGE handbook of qualitative data analysis*, 7(5), 64-79.
- Laberge, S. et Gosselin, V. (2021). *Rapport de l'évaluation de la mesure 15023 Cohortes 1, 2 et 3—AN*. Ministère de l'Éducation. [https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/ministere/Mesure15023-Evaluation\\_An3\\_UdeM.pdf](https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/Mesure15023-Evaluation_An3_UdeM.pdf)
- Laberge, S., Robitaille, N. et Gilbert, M. (2019). *Évaluation de la mise en œuvre de la mesure 15023 À l'école, on bouge!—Rapport de l'an 1*. Ministère de l'Éducation. [https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/ministere/Mesure15023-Evaluation\\_An1\\_UdeM.pdf](https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/Mesure15023-Evaluation_An1_UdeM.pdf)
- Lai, W. W., O'Mahony, M. et Mulligan, A. (2018). The Home Observation Measure of the Environment is associated with symptoms of ADHD and oppositionality in a CAMHS sample. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, 23(4), 503-513.
- Lambourne, K. et Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance: a meta-regression analysis. *Brain research*, 1341, 12-24.
- Lämmle, C., Kobel, S., Wartha, O., Wirt, T. et Steinacker, J. M. (2016). Intervention effects of a school-based health promotion program on children's motor skills. *Journal of Public Health*, 24, 185-192.
- Larsson, H., Chang, Z., D'Onofrio, B. M. et Lichtenstein, P. (2014). The heritability of clinically diagnosed attention deficit hyperactivity disorder across the lifespan. *Psychological medicine*, 44(10), 2223-2229.
- Larsson, J.-O., Larsson, H. et Lichtenstein, P. (2004). Genetic and environmental contributions to stability and change of ADHD symptoms between 8 and 13 years of age: a longitudinal twin study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 43(10), 1267-1275.
- Laukkanen, A., Pesola, A., Havu, M., Sääkslahti, A. et Finni, T. (2014). Relationship between habitual physical activity and gross motor skills is multifaceted in 5-to 8-year-old children. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(2), e102-e110.
- Lavigne, M.-A. (2017). AU QUÉBEC, ON BOUGE! Points saillants de la nouvelle Politique de l'activité physique, du sport et du loisir. *Bulletin de l'observatoire québécois du loisir*, 14(12).

- Lee, I.-M., Shiroma, E. J., Lobelo, F., Puska, P., Blair, S. N. et Katzmarzyk, P. T. (2012). Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *The lancet*, 380(9838), 219-229.
- Lee, J., Mayall, L. A., Bates, K. E., Hill, E. L., Leonard, H. C. et Farran, E. K. (2021). The relationship between motor milestone achievement and childhood motor deficits in children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and children with Developmental Coordination Disorder. *Research in developmental disabilities*, 113, 103920.
- Lee, J. H. (2012). Experimental methodology in English teaching and learning: Method features, validity issues, and embedded experimental design. *English Teaching: Practice and Critique*, 11(2), 25-43.
- Lee, S.-K., Lee, C.-M. et Park, J.-H. (2015). Effects of combined exercise on physical fitness and neurotransmitters in children with ADHD: a pilot randomized controlled study. *Journal of physical therapy science*, 27(9), 2915-2919.
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C. et Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93-101.
- Lewallen, T. C., Hunt, H., Potts-Datema, W., Zaza, S. et Giles, W. (2015). The whole school, whole community, whole child model: A new approach for improving educational attainment and healthy development for students. *Journal of School Health*, 85(11), 729-739.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J. et Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*, 151(4), W-65-W-94.
- Libertus, K. et Violi, D. A. (2016). Sit to talk: Relation between motor skills and language development in infancy. *Frontiers in psychology*, 7, 475.
- Liguori, G. et American College of Sports Medicine. (2020). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Lindberg, T., Meinel, C. et Wagner, R. (2011). Design thinking: A fruitful concept for it development? *Design thinking: Understand–improve–apply*, 3-18.
- Linnér, A. et Almgren, M. (2020). Epigenetic programming—The important first 1000 days. *Acta Paediatrica*, 109(3), 443-452.
- Lipkin, P. H., Macias, M. M., Norwood, K. W., Brei, T. J., Davidson, L. F., Davis, B. E., Ellerbeck, K. A., Houtrow, A. J., Hyman, S. L. et Kuo, D. Z. (2020). Promoting optimal development: identifying infants and young

children with developmental disorders through developmental surveillance and screening. *Pediatrics*, 145(1).

Loiselle, J. et Harvey, S. (2007). La recherche développement en éducation: fondements, apports et limites. *Recherches qualitatives*, 27(1), 40-59.

Lopes, V. P., Martins, S. R., Gonçalves, C., Cossio-Bolaños, M. A., Gómez-Campos, R. et Rodrigues, L. P. (2022). Motor competence predicts self-esteem during childhood in typical development children. *Psychology of Sport and Exercise*, 63, 102256.

Love, R., Adams, J. et van Sluijs, E. M. (2019). Are school-based physical activity interventions effective and equitable? A meta-analysis of cluster randomized controlled trials with accelerometer-assessed activity. *Obesity Reviews*, 20(6), 859-870.

Ludyga, S., Brand, S., Gerber, M., Weber, P., Brotzmann, M., Habibifar, F. et Pühse, U. (2017). An event-related potential investigation of the acute effects of aerobic and coordinative exercise on inhibitory control in children with ADHD. *Developmental cognitive neuroscience*, 28, 21-28.

Ludyga, S., Gerber, M., Mücke, M., Brand, S., Weber, P., Brotzmann, M. et Pühse, U. (2020). The acute effects of aerobic exercise on cognitive flexibility and task-related heart rate variability in children with ADHD and healthy controls. *Journal of attention disorders*, 24(5), 693-703.

Ma, J., Sures, S. et Gurd, B. J. (2015). FUNtervals: Fit Breaks in Fewer than Five! Editor: Ferman Konukman. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 86(8), 50-52.

Magistro, D., Cooper, S. B., Carlevaro, F., Marchetti, I., Magno, F., Bardaglio, G. et Musella, G. (2022). Two years of physically active mathematics lessons enhance cognitive function and gross motor skills in primary school children. *Psychology of Sport and Exercise*, 63, 102254.

Mandelid, M. B. (2023). Approaching physically active learning as a multi, inter, and transdisciplinary research field. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5.

Maoz, H., Gvirts, H. Z., Sheffer, M. et Bloch, Y. (2019). Theory of mind and empathy in children with ADHD. *Journal of attention disorders*, 23(11), 1331-1338.

Martin, R. et Murtagh, E. M. (2017). Effect of active lessons on physical activity, academic, and health outcomes: a systematic review. *Research quarterly for exercise and sport*, 88(2), 149-168.

Martinez, C. M., Valenzuela, P. L., Zamora, M. M. et Martinez-de-Quel, Ó. (2023). School-based physical activity interventions and language skills: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 26(2), 140-148.

- Masten, A. S. et Cicchetti, D. (2010). Developmental cascades. *Development and psychopathology*, 22(3), 491-495.
- Matoub, I. (2023). *Le projet E/scape: La perspective émotionnelle pour la proposition d'une méthode de design de jeux vidéo à but empathique* [Université du Québec à Chicoutimi].
- Mavilidi, M. F., Okely, A. D., Chandler, P. et Paas, F. (2017). Effects of integrating physical activities into a science lesson on preschool children's learning and enjoyment. *Applied Cognitive Psychology*, 31(3), 281-290.
- Medina, J. A., Netto, T. L., Muszkat, M., Medina, A. C., Botter, D., Orbetelli, R., Scaramuzza, L. F., Sinnes, E. G., Vilela, M. et Miranda, M. C. (2010). Exercise impact on sustained attention of ADHD children, methylphenidate effects. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 2, 49-58.
- Memarmoghaddam, M., Torbati, H., Sohrabi, M., Mashhadi, A. et Kashi, A. (2016). Effects of a selected exercise program on executive function of children with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of medicine and life*, 9(4), 373.
- Mercurio, L. Y., Amanullah, S., Gill, N. et Gjelsvik, A. (2021). Children with ADHD engage in less physical activity. *Journal of attention disorders*, 25(8), 1187-1195.
- Meßler, C. F., Holmberg, H.-C. et Sperlich, B. (2018). Multimodal therapy involving high-intensity interval training improves the physical fitness, motor skills, social behavior, and quality of life of boys with ADHD: a randomized controlled study. *Journal of attention disorders*, 22(8), 806-812.
- Michaëlsson, M., Yuan, S., Melhus, H., Baron, J. A., Byberg, L., Larsson, S. C. et Michaëlsson, K. (2022). The impact and causal directions for the associations between diagnosis of ADHD, socioeconomic status, and intelligence by use of a bi-directional two-sample Mendelian randomization design. *BMC medicine*, 20(1), 1-12.
- Micheli, L., Mountjoy, M., Engebretsen, L., Hardman, K., Kahlmeier, S., Lambert, E., Ljungqvist, A., Matsudo, V., McKay, H. et Sundberg, C. J. (2011). Fitness and health of children through sport: the context for action. *British journal of sports medicine*, 45(11), 931-936.
- Miklós, M., Komáromy, D., Futó, J. et Balázs, J. (2020). Acute physical activity, executive function, and attention performance in children with attention-deficit hyperactivity disorder and typically developing children: An experimental study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 4071.
- Milani, A., Pascual-Leone, J. et Arsalidou, M. (2022). Converging evidence for domain-general developmental trends of mental attentional capacity: Validity and reliability of full and abbreviated measures. *Journal of Experimental Child Psychology*, 222, 105462.

- Milanović, Z., Sporiš, G. et Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO<sub>2</sub>max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports medicine*, 45, 1469-1481.
- Ministère de l'Éducation. (2021). *Différenciation pédagogique*. Ministère de l'Éducation. [https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/education/jeunes/pfeq/differenciacion-pedago.pdf](https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeq/differenciacion-pedago.pdf)
- Ministère de l'Éducation. (2023a). *Mesure 15023 - À l'école on bouge! Document d'informations complémentaire*. Gouvernement du Québec. [http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/loisir-sport/Doc\\_info\\_mesure\\_15023.pdf](http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/loisir-sport/Doc_info_mesure_15023.pdf)
- Ministère de l'Éducation. (2023b). *Programme-cycle de l'éducation préscolaire*. Gouvernement du Québec. [https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/education/jeunes/pfeq/Programme-cycle-prescolaire.pdf](https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeq/Programme-cycle-prescolaire.pdf)
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (MÉES). (2018). *Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*. Gouvernement du Québec. [https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/ministere/PAN\\_Plan\\_action\\_VF.pdf](https://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/PAN_Plan_action_VF.pdf)
- Ministère de la Famille. (2014). *Favoriser le développement global des jeunes enfants au Québec: Une vision partagée pour des interventions concertées*. M. d. l. Famille. <https://www.mfa.gouv.qc.ca/fr/publication/Documents/Favoriser-le-developpement-global-des-jeunes-enfants-au-quebec.pdf>
- Mohammadi Orangi, B., Lenoir, M., Yaali, R., Ghorbanzadeh, B., O'Brien-Smith, J., Galle, J. et De Meester, A. (2023). Emotional intelligence and motor competence in children, adolescents, and young adults. *European Journal of Developmental Psychology*, 20(1), 66-85.
- Moore, G. F., Littlecott, H. J., Turley, R., Waters, E. et Murphy, S. (2015). Socioeconomic gradients in the effects of universal school-based health behaviour interventions: a systematic review of intervention studies. *BMC public health*, 15(1), 1-15.
- Morra-Imas, L. G., Morra, L. G. et Rist, R. C. (2009). *The road to results: Designing and conducting effective development evaluations*. World Bank Publications.
- Morsink, S., Sonuga-Barke, E., Van der Oord, S., Van Dessel, J., Lemiere, J. et Danckaerts, M. (2021). Task-related motivation and academic achievement in children and adolescents with ADHD. *European child & adolescent psychiatry*, 30, 131-141.

- 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).
- Muris, P., Meesters, C. et Fijen, P. (2003). The self-perception profile for children: Further evidence for its factor structure, reliability, and validity. *Personality and individual differences*, 35(8), 1791-1802.
- Myer, G. D., Faigenbaum, A. D., Stracciolini, A., Hewtt, T. E., Micheli, L. J. et Best, T. M. (2013). Comprehensive management strategies for physical inactivity in youth. *Current sports medicine reports*, 12(4), 248.
- Natalucci, V., Marmondi, F., Biraghi, M. et Bonato, M. (2023). The effectiveness of wearable devices in non-communicable diseases to manage physical activity and nutrition: where we are? *Nutrients*, 15(4), 913.
- Nations Unies. (2020). *Objectifs de développement durable*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/>
- Naylor, P.-J. et McKay, H. A. (2009). Prevention in the first place: schools a setting for action on physical inactivity. *British journal of sports medicine*, 43(1), 10-13.
- Nejati, V. et Derakhshan, Z. (2021). The effect of physical activity with and without cognitive demand on the improvement of executive functions and behavioral symptoms in children with ADHD. *Expert review of neurotherapeutics*, 21(5), 607-614.
- Neville, R. D., Lakes, K. D., Hopkins, W. G., Tarantino, G., Draper, C. E., Beck, R. et Madigan, S. (2022). Global changes in child and adolescent physical activity during the COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis. *JAMA pediatrics*, 176(9), 886-894.
- Newell, K. M. (2020). What are fundamental motor skills and what is fundamental about them? *Journal of Motor Learning and Development*, 8(2), 280-314.
- Niinimäkia, K. (2019). Renewing technology-driven materials research through an experimental co-design approach. *The Design Journal*, 22(sup1), 1775-1785.
- Norris, E., Shelton, N., Dunsmuir, S., Duke-Williams, O. et Stamatakis, E. (2015). Physically active lessons as physical activity and educational interventions: a systematic review of methods and results. *Preventive medicine*, 72, 116-125.
- Norris, E., van Steen, T., Direito, A. et Stamatakis, E. (2020). Physically active lessons in schools and their impact on physical activity, educational, health and cognition outcomes: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 54(14), 826-838.

- Opstoel, K., Chapelle, L., Prins, F. J., De Meester, A., Haerens, L., van Tartwijk, J. et De Martelaer, K. (2020). Personal and social development in physical education and sports: A review study. *European Physical Education Review*, 26(4), 797-813.
- Organisation mondiale de la Santé. (2023). *Rapport mondial de situation sur l'activité physique 2022* (publication n° 9240067779). Organisation mondiale de la santé. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/363571/9789240060500-fre.pdf?sequence=1>
- Ouellet, E. (2010). *La relation entre le trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité et le développement du langage* [Thèse de doctorat, Université Laval].
- Paillé, P. et Mucchielli, A. (2021). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales-5e éd.* Armand Colin.
- Pan, C.-Y., Chang, Y.-K., Tsai, C.-L., Chu, C.-H., Cheng, Y.-W. et Sung, M.-C. (2017). Effects of physical activity intervention on motor proficiency and physical fitness in children with ADHD: An exploratory study. *Journal of attention disorders*, 21(9), 783-795.
- Panke, S. (2019). Design thinking in education: Perspectives, opportunities and challenges. *Open Education Studies*, 1(1), 281-306.
- Parke, E. M., Becker, M. L., Graves, S. J., Baily, A. R., Paul, M. G., Freeman, A. J. et Allen, D. N. (2021). Social cognition in children with ADHD. *Journal of attention disorders*, 25(4), 519-529.
- Pesce, C., Croce, R., Ben-Soussan, T. D., Vazou, S., McCullick, B., Tomporowski, P. D. et Horvat, M. (2019). Variability of practice as an interface between motor and cognitive development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(2), 133-152.
- Petrigna, L., Thomas, E., Brusa, J., Rizzo, F., Scardina, A., Galassi, C., Lo Verde, D., Caramazza, G. et Bellafiore, M. (2022). Does learning through movement improve academic performance in primary schoolchildren? A systematic review. *Frontiers in pediatrics*, 10, 841582.
- Pichardo, A. W., Oliver, J. L., Harrison, C. B., Maulder, P. S. et Lloyd, R. S. (2018). Integrating models of long-term athletic development to maximize the physical development of youth. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13(6), 1189-1199.
- Piepmeier, A. T., Shih, C.-H., Whedon, M., Williams, L. M., Davis, M. E., Henning, D. A., Park, S., Calkins, S. D. et Etnier, J. L. (2015). The effect of acute exercise on cognitive performance in children with and without ADHD. *Journal of sport and health science*, 4(1), 97-104.
- Poissant, J., Chan, A., Tessier, V. et Morin, R. (2014). *Les conditions de succès des actions favorisant le développement global des enfants. État des connaissances.* Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/publications/1771>

- Poitras, V. J., Gray, C. E., Borghese, M. M., Carson, V., Chaput, J.-P., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Pate, R. R., Connor Gorber, S. et Kho, M. E. (2016). Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 41(6), S197-S239.
- Polanczyk, G., Caspi, A., Houts, R., Kollins, S. H., Rohde, L. A. et Moffitt, T. E. (2010). Implications of extending the ADHD age-of-onset criterion to age 12: results from a prospectively studied birth cohort. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49(3), 210-216.
- Polanczyk, G. V., Willcutt, E. G., Salum, G. A., Kieling, C. et Rohde, L. A. (2014). ADHD prevalence estimates across three decades: an updated systematic review and meta-regression analysis. *International journal of epidemiology*, 43(2), 434-442.
- Pontifex, M. B., Saliba, B. J., Raine, L. B., Picchiatti, D. L. et Hillman, C. H. (2013). Exercise improves behavioral, neurocognitive, and scholastic performance in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *The Journal of pediatrics*, 162(3), 543-551.
- Potvin, P., Nicole, M., Picher, M. et Roy, A. (2017). *Agir dès les premiers signes: Répertoire de pratiques pour prévenir les difficultés de comportement au préscolaire et au primaire*. Québec: Le centre de transfert pour la réussite éducative du Québec (CTREQ). [https://www.ctreq.qc.ca/wp-content/uploads/2017/08/Agir\\_final\\_aout2017.pdf](https://www.ctreq.qc.ca/wp-content/uploads/2017/08/Agir_final_aout2017.pdf)
- Pruitt, M. et Morini, G. (2021). Examining the role of physical activity on word learning in school-aged children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 64(5), 1712-1725.
- Przybilla, L., Klinker, K., Wiesche, M. et Krcmar, H. (2018). A human-centric approach to digital innovation projects in health care: Learnings from applying design thinking.
- Pulling Kuhn, A., Stoecker, P., Dauenhauer, B. et Carson, R. L. (2021). A systematic review of multi-component comprehensive school physical activity program (CSPAP) interventions. *American Journal of Health Promotion*, 35(8), 1129-1149.
- Quarmby, T., Daly-Smith, A. et Kime, N. (2019). 'You get some very archaic ideas of what teaching is...': primary school teachers' perceptions of the barriers to physically active lessons. *Education 3-13*, 47(3), 308-321.
- Quenneville, A. F., Kalogeropoulou, E., Nicastro, R., Weibel, S., Chanut, F. et Perroud, N. (2022). Anxiety disorders in adult ADHD: A frequent comorbidity and a risk factor for externalizing problems. *Psychiatry research*, 310, 114423.
- Rasberry, C. N., Lee, S. M., Robin, L., Laris, B., Russell, L. A., Coyle, K. K. et Nihiser, A. J. (2011). The association between school-based physical activity, including physical education, and academic performance: a systematic review of the literature. *Preventive medicine*, 52, S10-S20.

- Reddon, H., Meyre, D. et Cairney, J. (2017). Physical activity and global self-worth in a longitudinal study of children. *Medicine and science in sports and exercise*, 49(8), 1606-1613.
- Redig, L., Feter, N., Dumith, S. C., Domingues, M. R. et Rombaldi, A. J. (2022). Physical inactivity from childhood to adolescence and incident depression. *American Journal of Preventive Medicine*, 62(2), 211-218.
- Reed, J. et Ones, D. S. (2006). The effect of acute aerobic exercise on positive activated affect: A meta-analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(5), 477-514.
- Reed, K. E., Warburton, D. E., Macdonald, H. M., Naylor, P. et McKay, H. A. (2008). Action Schools! BC: a school-based physical activity intervention designed to decrease cardiovascular disease risk factors in children. *Preventive medicine*, 46(6), 525-531.
- Reed, K. E., Warburton, D. E., Whitney, C. L. et McKay, H. A. (2006). Secular changes in shuttle-run performance: a 23-year retrospective comparison of 9-to 11-year-old children. *Pediatric Exercise Science*, 18(3), 364-373.
- Reich, N. G. et Milstone, A. M. (2014). Improving efficiency in cluster-randomized study design and implementation: taking advantage of a crossover. *Open Access Journal of Clinical Trials*, 6, 11.
- Reis, R. S., Salvo, D., Ogilvie, D., Lambert, E. V., Goenka, S. et Brownson, R. C. (2016). Scaling up physical activity interventions worldwide: stepping up to larger and smarter approaches to get people moving. *The lancet*, 388(10051), 1337-1348.
- Reynolds, L. (2022). *The Effectiveness of Incorporating Physical Activity into the Classroom: A Literature Review* (publication n° 1568) [Williams Honors College, Honors Research Projects].
- Ribasés, M., Mitjans, M., Hartman, C., Artigas, M. S., Demontis, D., Larsson, H., Ramos-Quiroga, J., Kuntsi, J., Faraone, S. et Børglum, A. (2023). Genetic Architecture of ADHD and Overlap With Other Psychiatric Disorders And Cognition-Related Phenotypes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 105313.
- Rietbergen, C. et Moerbeek, M. (2011). The design of cluster randomized crossover trials. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 36(4), 472-490.
- Rigoli, D., Piek, J. P., Kane, R. et Oosterlaan, J. (2012). An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(11), 1025-1031.
- Ritchie, J., Lewis, J., Nicholls, C. M. et Ormston, R. (2013). *Qualitative research practice: A guide for social science students and researchers*. sage.

- Rizzato, A., Marcolin, G. et Paoli, A. (2022). Non-exercise activity thermogenesis in the workplace: The office is on fire. *Frontiers in Public Health*, 10, 1024856.
- Ros, R. et Graziano, P. A. (2018). Social functioning in children with or at risk for attention deficit/hyperactivity disorder: A meta-analytic review. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 47(2), 213-235.
- Rose, E., Larkin, D., Parker, H. et Hands, B. (2015). Does motor competence affect self-perceptions differently for adolescent males and females? *Sage Open*, 5(4), 2158244015615922.
- Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J.-P., Franklin, B. A., Haskell, W. L., Kaminsky, L. A., Levine, B. D. et Lavie, C. J. (2016). Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 134(24), e653-e699.
- Rossi, L., Behme, N. et Breuer, C. (2021). Physical activity of children and adolescents during the COVID-19 pandemic—A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11440.
- Routen, A., Johnston, J. P., Glazebrook, C. et Sherar, L. (2018). Teacher perceptions on the delivery and implementation of movement integration strategies: The CLASS PAL (Physically Active Learning) Programme. *International Journal of Educational Research*, 88, 48-59.
- Runacres, A., Mackintosh, K., Chastin, S. et McNarry, M. (2022). The joint associations of physical activity, sedentary time, and sleep on VO2max in trained and untrained children and adolescents: A novel five-part compositional analysis. *bioRxiv*, 2022.2009. 2021.508871.
- Sanders, E. B.-N. et Stappers, P. J. (2014). Probes, toolkits and prototypes: three approaches to making in codesigning. *CoDesign*, 10(1), 5-14.
- Santos, A. C., Willumsen, J., Meheus, F., Ilbawi, A. et Bull, F. C. (2023). The cost of inaction on physical inactivity to public health-care systems: a population-attributable fraction analysis. *The Lancet Global Health*, 11(1), e32-e39.
- Santos, R., Mota, J., Okely, A. D., Pratt, M., Moreira, C., Coelho-e-Silva, M. J., Vale, S. et Sardinha, L. B. (2014). The independent associations of sedentary behaviour and physical activity on cardiorespiratory fitness. *British journal of sports medicine*, 48(20), 1508-1512.
- Saracho, O. N. (2023). Theories of child development and their impact on early childhood education and care. *Early Childhood Education Journal*, 51(1), 15-30.
- Sawilowsky, S. S. et Sawilowsky, S. S. (2007). ANCOVA and quasi-experimental design. *Real data analysis*, 213.

- Schardt, C., Adams, M. B., Owens, T., Keitz, S. et Fontelo, P. (2007). Utilization of the PICO framework to improve searching PubMed for clinical questions. *BMC medical informatics and decision making*, 7, 1-6.
- Schmidt-Kassow, M., Kulka, A., Gunter, T. C., Rothermich, K. et Kotz, S. A. (2010). Exercising during learning improves vocabulary acquisition: behavioral and ERP evidence. *Neuroscience letters*, 482(1), 40-44.
- Schmidt-Kassow, M., Zink, N., Mock, J., Thiel, C., Vogt, L., Abel, C. et Kaiser, J. (2014). Treadmill walking during vocabulary encoding improves verbal long-term memory. *Behavioral and Brain Functions*, 10, 1-9.
- Schoenfelder, E. N. et Kollins, S. H. (2016). Topical review: ADHD and health-risk behaviors: toward prevention and health promotion. *Journal of Pediatric Psychology*, 41(7), 735-740.
- Sciberras, E., Mueller, K. L., Efron, D., Bisset, M., Anderson, V., Schilpzand, E. J., Jongeling, B. et Nicholson, J. M. (2014). Language problems in children with ADHD: A community-based study. *Pediatrics*, 133(5), 793-800.
- Scituito, M. J. et Eisenberg, M. (2007). Evaluating the evidence for and against the overdiagnosis of ADHD. *Journal of attention disorders*, 11(2), 106-113.
- Seljebotn, P. H., Skage, I., Riskedal, A., Olsen, M., Kvalø, S. E. et Dyrstad, S. M. (2019). Physically active academic lessons and effect on physical activity and aerobic fitness. The Active School study: A cluster randomized controlled trial. *Preventive medicine reports*, 13, 183-188.
- Sergeant, J. A., Geurts, H., Huijbregts, S., Scheres, A. et Oosterlaan, J. (2003). The top and the bottom of ADHD: a neuropsychological perspective. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 27(7), 583-592.
- Shaw, P., Eckstrand, K., Sharp, W., Blumenthal, J., Lerch, J., Greenstein, D., Clasen, L., Evans, A., Giedd, J. et Rapoport, J. (2007). Attention-deficit/hyperactivity disorder is characterized by a delay in cortical maturation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(49), 19649-19654.
- Shonkoff, J. P., Garner, A. S., Child, C. o. P. A. o., Family Health, C. o. E. C., Adoption,, Dependent Care, Developmental, S. o., Pediatrics, B., Siegel, B. S., Dobbins, M. I., Earls, M. F., Garner, A. S., McGuinn, L., Pascoe, J. et Wood, D. L. (2012). The lifelong effects of early childhood adversity and toxic stress. *Pediatrics*, 129(1), e232-e246.
- Shuai, L., Wang, Y., Li, W., Wilson, A., Wang, S., Chen, R. et Zhang, J. (2021). Executive function training for preschool children with ADHD: a randomized controlled trial. *Journal of attention disorders*, 25(14), 2037-2047.
- Siegel, D. J. (2020). *The developing mind: How relationships and the brain interact to shape who we are*. Guilford Publications.

- Simard, L. (2018). *Impact d'un trouble du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH) sur les capacités motrices des adolescents* [Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi].
- Simard, L., Fortin, A., Bouchard, J., Chevrette, T. et Lavallière, M. (2023). Les bienfaits de l'activité physique sur le développement des enfants ayant un TDAH. *Une revue systématique de la littérature. Neuropsychologie Clinique et Appliquée / Applied and Clinical Neuropsychology*.
- Simard, L., Maltais, F., Bouchard, J., Breuleux, Y., Lavallière, M. et Chevrette, T. (2021). Covid-19 Pandemic Decrease Physical Activity And May Affect Vo2Max Among School-age Children: Preliminary Results. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(8S), 232-232.
- Simard, M., Lavoie, A. et Audet, N. (2018). *Enquête québécoise sur le développement des enfants à la maternelle 2017: Portrait statistique pour le Québec et ses régions administratives*. Institut de la statistique du Québec. <https://statistique.quebec.ca/fr/fichier/enquete-quebecoise-sur-le-developpement-des-enfants-a-la-maternelle-2017-portrait-statistique-pour-le-quebec-et-ses-regions-administratives.pdf>
- Singh, R. K., Agrawal, S. et Modgil, S. (2022). Developing human capital 4.0 in emerging economies: an industry 4.0 perspective. *International Journal of Manpower*, 43(2), 286-309.
- Slade, S. C., Dionne, C. E., Underwood, M. et Buchbinder, R. (2016). Consensus on exercise reporting template (CERT): explanation and elaboration statement. *British journal of sports medicine*, 50(23), 1428-1437.
- Smith, Z. R. et Langberg, J. M. (2018). Review of the evidence for motivation deficits in youth with ADHD and their association with functional outcomes. *Clinical Child and Family Psychology Review*, 21, 500-526.
- Song, P., Zha, M., Yang, Q., Zhang, Y., Li, X. et Rudan, I. (2021). The prevalence of adult attention-deficit hyperactivity disorder: A global systematic review and meta-analysis. *Journal of global health*, 11.
- Sonuga-Barke, E. J., Sergeant, J. A., Nigg, J. et Willcutt, E. (2008). Executive dysfunction and delay aversion in attention deficit hyperactivity disorder: nosologic and diagnostic implications. *Child and adolescent psychiatric clinics of North America*, 17(2), 367-384.
- Sow, M., Melançon, A. et Pouliot, L. (2022). *Développement socioaffectif de l'enfant entre 0 et 5 ans et facteurs associés*. Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2865-developpement-socioaffectif-enfant-0-5-ans.pdf>
- Srivastav, A., Stropolis, M., Moseley, A. et Daniels, K. (2020). The empower action model: A framework for preventing adverse childhood experiences by promoting health, equity, and well-being across the life span. *Health Promotion Practice*, 21(4), 525-534.

- Statistique Canada. (2019). *Activité physique et temps passé devant un écran chez les enfants et les jeunes canadiens, 2016 et 2017*. Statistique Canada. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/82-625-x/2019001/article/00003-fra.htm>
- Stewart, J. A., Dennison, D. A., Kohl III, H. W. et Doyle, J. A. (2004). Exercise level and energy expenditure in the TAKE 10!<sup>®</sup> in-class physical activity program. *Journal of School Health, 74*(10), 397-400.
- Stillman, C. M., Esteban-Cornejo, I., Brown, B., Bender, C. M. et Erickson, K. I. (2020). Effects of exercise on brain and cognition across age groups and health states. *Trends in neurosciences, 43*(7), 533-543.
- Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Robertson, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C. et Garcia, L. E. (2008). A developmental perspective on the role of motor skill competence in physical activity: An emergent relationship. *Quest, 60*(2), 290-306.
- Suarez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., De La Torre-Cruz, M. et Martinez-Lopez, E. J. (2018). Acute and chronic effect of physical activity on cognition and behaviour in young people with ADHD: A systematic review of intervention studies. *Research in developmental disabilities, 77*, 12-23.
- Suarez-Manzano, S., Ruiz-Ariza, A., Torre-Cruz, M. d. I. et Martinez-Lopez, E. J. (2018). Effect of monitored cooperative HIIT on attention, concentration, memory, linguistic reasoning and mathematical calculation in ADHD youth.
- Sun, F., Fang, Y., Chan, C. K. M., Poon, E. T. C., Chung, L. M. Y., Or, P. P. L., Chen, Y. et Cooper, S. B. (2023). *Structured physical exercise interventions and children and adolescents with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review and meta-analysis* [Master Thesis, University of Oslo].
- Swindle, T., Poosala, A. B., Zeng, N., Børshheim, E., Andres, A. et Bellows, L. L. (2022). Digital intervention strategies for increasing physical activity among preschoolers: systematic review. *Journal of medical Internet research, 24*(1), e28230.
- Tammelin, T. (2005). A review of longitudinal studies on youth predictors of adulthood physical activity. *International journal of adolescent medicine and health, 17*(1), 3-12.
- Tandon, P. S., Tovar, A., Jayasuriya, A. T., Welker, E., Schober, D. J., Copeland, K., Dev, D. A., Murriel, A. L., Amso, D. et Ward, D. S. (2016). The relationship between physical activity and diet and young children's cognitive development: A systematic review. *Preventive medicine reports, 3*, 379-390.
- Tantillo, M., Kesick, C. M., Hynd, G. W. et Dishman, R. K. (2002). The effects of exercise on children with attention-deficit hyperactivity disorder. *Medicine and science in sports and exercise, 34*(2), 203-212.
- Tapia-Serrano, M. A., Sevil-Serrano, J., Sánchez-Miguel, P. A., López-Gil, J. F., Tremblay, M. S. et García-Hermoso, A. (2022). Prevalence of meeting 24-Hour Movement Guidelines from pre-school to

adolescence: A systematic review and meta-analysis including 387,437 participants and 23 countries. *Journal of sport and health science*, 11(4), 427-437.

Taylor, A., Kong, C., Zhang, Z., Herold, F., Ludyga, S., Healy, S., Gerber, M., Cheval, B., Pontifex, M. et Kramer, A. F. (2023). Associations of meeting 24-h movement behavior guidelines with cognitive difficulty and social relationships in children and adolescents with attention deficit/hyperactive disorder. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 17(1), 42.

Taylor, A., Novo, D. et Foreman, D. (2019). An exercise program designed for children with attention deficit/hyperactivity disorder for use in school physical education: Feasibility and utility. Dans. *Healthcare*.

Temple, B. et Young, A. (2004). Qualitative research and translation dilemmas. *Qualitative research*, 4(2), 161-178.

Terrisse, B., Lefebvre, M. L. et Larose, F. (2000). *Le questionnaire sur l'environnement familial (QEF): manuel*. Éditions du Ponant.

Tistarelli, N., Fagnani, C., Troianiello, M., Stazi, M. A. et Adriani, W. (2020). The nature and nurture of ADHD and its comorbidities: A narrative review on twin studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 109, 63-77.

Tomkinson, G. R., Lang, J. J. et Tremblay, M. S. (2019). Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *British journal of sports medicine*, 53(8), 478-486.

Tomporowski, P. D. et Pesce, C. (2019). Exercise, sports, and performance arts benefit cognition via a common process. *Psychological bulletin*, 145(9), 929.

Torgersen, K. H. (2019). *Predictors of Criminality and Substance Use in Adolescents with ADHD: A 23-Year Follow-up Study*.

Tremblay, J. (1998). *Traduction et validation transculturelle du " Self-perception profile for children" de Susan Harter* [Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières].

Trost, S. G., Fees, B. et Dziewaltowski, D. (2008). Feasibility and efficacy of a "move and learn" physical activity curriculum in preschool children. *Journal of physical activity and health*, 5(1), 88-103.

Tseng, W.-Y., Reikik, G., Chen, C.-H., Clemente, F. M., Bezerra, P., Crowley-McHattan, Z. J. et Chen, Y.-S. (2021). Effects of 8-week FIFA 11+ for Kids intervention on physical fitness and attention in elementary school children. *Journal of physical activity and health*, 18(6), 686-693.

- Turner, E. L., Li, F., Gallis, J. A., Prague, M. et Murray, D. M. (2017). Review of recent methodological developments in group-randomized trials: part 1—design. *American journal of public health*, 107(6), 907-915.
- Vainieri, I., Michelini, G., Cheung, C. H., Oginni, O. A., Asherson, P., Rijdsdijk, F. et Kuntsi, J. (2023). The Etiological and Predictive Association Between ADHD and Cognitive Performance From Childhood to Young Adulthood. *Journal of attention disorders*, 27(7), 709-720.
- Van der Oord, S., Prins, P. J., Oosterlaan, J. et Emmelkamp, P. M. (2008). Efficacy of methylphenidate, psychosocial treatments and their combination in school-aged children with ADHD: a meta-analysis. *Clinical psychology review*, 28(5), 783-800.
- Van Sluijs, E. M., McMinn, A. M. et Griffin, S. J. (2007). Effectiveness of interventions to promote physical activity in children and adolescents: systematic review of controlled trials. *Bmj*, 335(7622), 703.
- Vander Ploeg, K. A., Maximova, K., McGavock, J., Davis, W. et Veugelers, P. (2014). Do school-based physical activity interventions increase or reduce inequalities in health? *Social Science & Medicine*, 112, 80-87.
- Vasiliadis, H. M., Diallo, F. B., Rochette, L., Smith, M., Langille, D., Lin, E., Kisely, S., Fombonne, E., Thompson, A. H. et Renaud, J. (2017). Tendances temporelles de la prévalence et de l'incidence du TDAH diagnostiqué chez les enfants et les jeunes adultes entre 1999 et 2012 au Canada: une étude de couplage de données. *Canadian Journal of Psychiatry*, 62(12), 818-826.
- Verret, C., Guay, M.-C., Berthiaume, C., Gardiner, P. et Béliveau, L. (2012). A physical activity program improves behavior and cognitive functions in children with ADHD: an exploratory study. *Journal of attention disorders*, 16(1), 71-80.
- Verret, C., Massé, L. et Picher, M.-J. (2016). Habiletés et difficultés sociales des enfants ayant un TDAH: état des connaissances et perspectives d'intervention. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 64(7), 445-454.
- Viholainen, H., Aro, T., Purtsi, J., Tolvanen, A. et Cantell, M. (2014). Adolescents' school-related self-concept mediates motor skills and psychosocial well-being. *British Journal of Educational Psychology*, 84(2), 268-280.
- Vysniauske, R., Verburgh, L., Oosterlaan, J. et Molendijk, M. L. (2020). The effects of physical exercise on functional outcomes in the treatment of ADHD: a meta-analysis. *Journal of attention disorders*, 24(5), 644-654.
- Wählstedt, C., Thorell, L. B. et Bohlin, G. (2008). ADHD symptoms and executive function impairment: Early predictors of later behavioral problems. *Developmental neuropsychology*, 33(2), 160-178.

- Wakschlag, L. S., Roberts, M. Y., Flynn, R. M., Smith, J. D., Krogh-Jespersen, S., Kaat, A. J., Gray, L., Walkup, J., Marino, B. S. et Norton, E. S. (2019). Future directions for early childhood prevention of mental disorders: A road map to mental health, earlier. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 48(3), 539-554.
- Walters, S. J., dos Anjos Henriques-Cadby, I. B., Bortolami, O., Flight, L., Hind, D., Jacques, R. M., Knox, C., Nadin, B., Rothwell, J. et Surtees, M. (2017). Recruitment and retention of participants in randomised controlled trials: a review of trials funded and published by the United Kingdom Health Technology Assessment Programme. *BMJ open*, 7(3), e015276.
- Wang, C., Li, K., Seo, D.-C. et Gaylord, S. (2020). Use of complementary and alternative medicine in children with ADHD: Results from the 2012 and 2017 National Health Interview Survey. *Complementary therapies in medicine*, 49, 102352.
- Wanner, P., Cheng, F.-H. et Steib, S. (2020). Effects of acute cardiovascular exercise on motor memory encoding and consolidation: A systematic review with meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 116, 365-381.
- Wardoku, R., Blair, C., Demmer, R. et Prizment, A. (2019). Association between physical inactivity and health-related quality of life in adults with coronary heart disease. *Maturitas*, 128, 36-42.
- Watson, A., Timperio, A., Brown, H., Best, K. et Hesketh, K. D. (2017). Effect of classroom-based physical activity interventions on academic and physical activity outcomes: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, 1-24.
- Wehmeier, P. M., Schacht, A. et Barkley, R. A. (2010). Social and emotional impairment in children and adolescents with ADHD and the impact on quality of life. *Journal of Adolescent Health*, 46(3), 209-217.
- Welsch, L., Alliot, O., Kelly, P., Fawkner, S., Booth, J. et Niven, A. (2021). The effect of physical activity interventions on executive functions in children with ADHD: A systematic review and meta-analysis. *Mental Health and Physical Activity*, 20, 100379.
- Wheeler, N. et Dillman Taylor, D. (2016). Integrating interpersonal neurobiology with play therapy. *International Journal of Play Therapy*, 25(1), 24.
- Wiebe, S. A. et Karbach, J. (2017). *Executive function: Development across the life span*. Routledge.
- Wigal, S. B., Emmerson, N., Gehricke, J.-G. et Galassetti, P. (2013). Exercise: applications to childhood ADHD. *Journal of attention disorders*, 17(4), 279-290.
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V. et Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biological psychiatry*, 57(11), 1336-1346.

- Winter, B., Breitenstein, C., Mooren, F. C., Voelker, K., Fobker, M., Lechtermann, A., Krueger, K., Fromme, A., Korsukewitz, C. et Floel, A. (2007). High impact running improves learning. *Neurobiology of learning and memory*, 87(4), 597-609.
- Wolraich, M. L., Hagan, J. F., Allan, C., Chan, E., Davison, D., Earls, M., Evans, S. W., Flinn, S. K., Froehlich, T. et Frost, J. (2019). Clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents. *Pediatrics*, 144(4).
- Wong, A. Y.-Y., Ling, S. K.-K., Louie, L. H.-T., Law, G. Y.-K., So, R. C.-H., Lee, D. C.-W., Yau, F. C.-F. et Yung, P. S.-H. (2020). Impact of the COVID-19 pandemic on sports and exercise. *Asia-Pacific journal of sports medicine, arthroscopy, rehabilitation and technology*, 22, 39-44.
- World Health Organization. (2003). *Health and development through physical activity and sport*. [https://www.sportanddev.org/sites/default/files/downloads/77\\_health\\_and\\_development\\_through\\_physical\\_activity\\_and\\_sport.pdf](https://www.sportanddev.org/sites/default/files/downloads/77_health_and_development_through_physical_activity_and_sport.pdf)
- World Health Organization. (2018). *Global Action Plan on Physical Activity 2018-2030: More Active People for a Healthier World*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241514187>
- World Health Organization. (2019). *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world*. World Health Organization. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272722/9789241514187-eng.pdf?sequence=1>
- Wu, X. Y., Han, L. H., Zhang, J. H., Luo, S., Hu, J. W. et Sun, K. (2017). The influence of physical activity, sedentary behavior on health-related quality of life among the general population of children and adolescents: A systematic review. *PloS one*, 12(11), e0187668.
- Xie, Y., Gao, X., Song, Y., Zhu, X., Chen, M., Yang, L. et Ren, Y. (2021). Effectiveness of physical activity intervention on ADHD symptoms: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 12, 706625.
- Xu, G., Strathearn, L., Liu, B., Yang, B. et Bao, W. (2018). Twenty-year trends in diagnosed attention-deficit/hyperactivity disorder among US children and adolescents, 1997-2016. *JAMA network open*, 1(4), e181471-e181471.
- Zang, Y. (2019). Impact of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorders: Evidence through a meta-analysis. *Medicine*, 98(46).
- Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P. et Gao, Z. (2017). Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: a systematic review. *BioMed research international*, 2017(2760716).

Ziereis, S. et Jansen, P. (2015). Effects of physical activity on executive function and motor performance in children with ADHD. *Research in developmental disabilities, 38*, 181-191.