

**Faculté des sciences de la motricité**

# **Développement moteur chez l'enfant présentant un trouble du spectre autistique : l'impact de l'activité physique**

Une revue narrative

Auteur : Lorge Méline, Vaneghem Clotilde  
Promoteur(s) : Nassogne Cécile  
Année académique 2023-2024  
Master complémentaire kinésithérapie à finalité neurologique



## Remerciements

Nous tenions tout d'abord à exprimer notre gratitude envers notre promotrice, le Docteur Nassogne, dont l'expertise dans le domaine du trouble du spectre autistique a été une source de guidance et de soutien tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Nous la remercions également pour ces nombreuses relectures et corrections.

En outre, nous souhaitons adresser des remerciements chaleureux à nos familles, dont le soutien indéfectible et les encouragements constants ont été notre rocher dans les moments de doute et de fatigue. Leur compréhension et relectures ont été une source d'inspiration et de motivation tout au long de ce périple académique.



## Table des matières

Remerciements .....	1
Table des matières .....	2
I. Introduction.....	4
I.1 Contexte théorique .....	4
I.2 Développement moteur de l'enfant avec TSA.....	8
I.3 Définition de la problématique .....	11
II. Méthode .....	13
III. Résultat.....	15
III.1 Activité physique aérobique .....	15
III.2 La réalité virtuelle .....	21
III.3 Gymnastique.....	26
III.4 Activité aquatique.....	27
III.5 Hippothérapie .....	30
IV. Discussion.....	41
V. Conclusion .....	45
Annexes .....	46
Bibliographie.....	53



# I. Introduction

## I.1 Contexte théorique

La définition du mot “autisme” provient d’un mot grec "αυτός" signifiant “soi” qui a été utilisé pour la première fois en 1908 par Eugen Bleuer afin de qualifier des personnes en retraits atteintes de schizophrénie. Par la suite, ce mot a été repris par Leo Kanner pour décrire des personnes présentant un isolement social avec une perte d’intérêts, des comportements répétitifs et des troubles linguistiques.

En 1944, Asperger identifia un trouble caractérisé par un isolement social sans trouble linguistique et lui donna son nom. Le DSM-IV a ultérieurement répertorié cinq troubles envahissants du développement (TED), dont l'autisme, le syndrome d'Asperger, le syndrome de Rett et le trouble désintégré de l'enfant, caractérisés par des déficits dans l'interaction sociale, la communication et les comportements répétitifs ou restreints (Sharma *et al*, 2018).

La nouvelle version du DSM-V décrit le trouble du spectre autistique (TSA) comme un trouble neurodéveloppemental caractérisé par un déficit de la communication sociale et des interactions sociales, ainsi que des comportements répétitifs et des intérêts restreints (Crocq & Guelfi, 2015; Zwaigenbaum *et al*, 2019). Les critères diagnostiques du trouble du spectre de l’autisme établis par le DSM-5 sont décrits dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Critères diagnostiques du TSA définis par le DSM-5

Domaines	Critères et exemples
<b>1. Déficiences de la communication et des interactions sociales</b> (les trois critères doivent être observés)	<b>Réciprocité sociale et émotionnelle</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Difficulté à amorcer les interactions sociales ou à y répondre</li><li>• Difficulté à partager spontanément des intérêts, des réalisations ou des émotions (p. ex., plaisir)</li></ul> <b>Déficiences des comportements de communication non verbaux</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Contact visuel réduit pour communiquer</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation réduite des gestes (p. ex., pointer, saluer de la main)</li> <li>• Expression faciale réduite, semble déconnectée</li> <li>• Utilisation possible de la main de quelqu'un d'autre pour obtenir un objet désiré, sans contact visuel</li> </ul> <p><b>Incapacité d'établir ou d'entretenir une relation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intérêt réduit ou atypique envers les camarades</li> <li>• Difficulté à partager des jeux imaginatifs avec les camarades</li> </ul>
<p><b>2. Caractère restreint et répétitif des comportements, des intérêts et des activités</b> (deux des quatre critères doivent être observés)</p>	<p><b>Caractère stéréotypé du langage et du comportement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Répétition de mots ou d'expressions (p. ex., tirés d'émissions télévisées ou de films)</li> <li>• Activités répétitives avec des objets (p. ex., aligner des crayons, des figurines)</li> <li>• Mouvements répétitifs du corps, des bras, des mains ou des doigts (p. ex., tourner sur soi-même, battre des mains, claquer des doigts)</li> <li>• Postures rigides et transitoires des mains ou de tout le corps</li> </ul> <p><b>Intolérance ou résistance au changement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Port des mêmes vêtements (ou d'une seule couleur) chaque jour ; consommation des mêmes aliments chaque jour</li> <li>• Détresse en cas de changement de trajet vers l'établissement préscolaire</li> </ul> <p><b>Intérêts restreints et fixes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Attachement inhabituellement intense ou restreint à des sujets ou des objets</li> </ul> <p><b>Hyperactivité ou hyperréactivité aux stimulations sensorielles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réactions inhabituelles (p. ex., détresse ou fascination envers les odeurs, les sons, les textures, les stimuli visuels et les goûts)</li> </ul>
<p>3. Les signes ou symptômes doivent être présents dès les étapes précoces du développement, mais ne sont pas nécessairement pleinement manifestes avant que les demandes sociales n'excèdent les capacités limitées, où ils peuvent être masqués plus tard par des stratégies apprises.</p>	
<p>4. Les symptômes perturbent le fonctionnement quotidien.</p>	
<p>5. Les symptômes ne sont pas mieux expliqués par un handicap intellectuel ou un retard global du développement.</p>	

6. Le TSA peut être associé ou non à des troubles médicaux, génétiques, neurodéveloppementaux, mentaux ou comportementaux ou à un déficit intellectuel ou une altération du langage

7. Le niveau de gravité de chacun des deux domaines peut contribuer à préciser le diagnostic : niveau 1 : nécessitant de l'aide ; niveau 2 : nécessitant une aide importante ; niveau 3 : nécessitant une aide très importante. Ces niveaux peuvent être difficiles à établir au moment du diagnostic de très jeunes enfants.

Ces manifestations peuvent être accompagnées ou non d'un déficit intellectuel. Dans le domaine de la communication, les individus atteints de TSA présentent des difficultés dans la réciprocité socioémotionnelle, le langage et le contact avec autrui. Ils peuvent également avoir des interactions sociales altérées, affectant leurs relations avec les autres, leur perception du jeu et des émotions. Du côté des comportements, on observe des schémas stéréotypés et répétitifs, des intérêts restreints ainsi qu'une réactivité atypique aux stimuli. De plus, la résistance aux changements est souvent observée chez les personnes atteintes de TSA.

Dans la version du DSM-5, on parle désormais de "troubles du spectre de l'autisme". Cette classification repose sur l'intensité des symptômes, classée selon le niveau de dépendance : besoin d'un soutien, un soutien important ou très important (Tableau 2).

Tableau 2 : Niveaux de sévérité du TSA (Garcin, 2013)

Niveau de sévérité	Communication sociale	Comportements répétitifs et restreints
<b>NIVEAU 1</b> « Requirant un soutien très important »	De graves déficits au niveau des compétences de communication sociale verbale et non verbale, provoquant des déficiences graves dans le fonctionnement  Initiation très limitée des interactions sociales et une réponse minimale aux avances sociales des autres	Manque de souplesse des comportements, difficulté extrême à faire face au changement  ou  D'autres comportements restreints / répétitifs interférant nettement avec le fonctionnement dans tous les domaines  et  Grande détresse / difficulté à changer d'orientation ou d'action
<b>NIVEAU 2</b> « Requirant un soutien important »	Déficits marqués au niveau des compétences de communication sociale verbales et non verbales  Atteintes sociales apparentes, même avec supports en place  Initiation limitée des interactions sociales, avec réponses réduites ou anormales aux ouvertures sociales des autres	Inflexibilité du comportement, difficultés à s'adapter au changement  D'autres comportements restreints / répétitifs assez fréquents pour être évidents à l'observateur occasionnel et interférer avec le fonctionnement dans plusieurs contextes  Mise au point ou l'action détresse et / ou des difficultés à changer
<b>NIVEAU 3</b> « Requirant un soutien »	Sans soutien en place, déficits au niveau de la communication sociale provoquant des déficiences notables  Difficulté à initier des interactions sociales, exemples clairs de réponse atypique ou échec aux ouvertures sociales des autres  Semblance d'un intérêt diminué pour les interactions sociales	Inflexibilité du comportement, interférence significative avec le fonctionnement dans un ou plusieurs contextes  Difficulté de commutation entre les activités  Problèmes d'organisation et de planification entravant l'indépendance

© Garcin et Mozzes, 2013. Le DSM-5 : L'impact de la recherche sur l'évolution des concepts, définitions du Trouble du spectre de l'autisme, de la déficience intellectuelle et des retards globaux du développement



Le diagnostic s'établit dans la plupart des cas entre l'âge de 2 à 3 ans, mais les premiers signes sont parfois observables avant l'âge de 6 mois. Ces signes précoces incluent un contrôle moteur tardif, des troubles de l'alimentation et du sommeil et/ou une réactivité ou passivité excessive (Zwaigenbaum *et al*, 2019). Les signes évocateurs précoces chez les enfants à risque de TSA sont détaillés en *annexe 1*.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le TSA touche environ 1 enfant sur 100. En l'absence de données précises pour la Belgique, les statistiques de la santé publique française pour l'année 2017 indiquent qu'il y avait environ 17,9 cas de troubles du spectre autistique (TSA) pour chaque tranche de 10 000 personnes, avec des taux plus élevés chez les hommes (27,9) que chez les femmes (8,5). Sur la période de 2010 à 2017, une augmentation constante de la prévalence a été observée, passant de 9,3 à 18,1, doublant le nombre de cas.

Le TSA est plus fréquent chez les hommes, mais une méta-analyse a révélé que le ratio réel homme-femme est plus proche de 3:1 que du ratio précédemment rapporté de 4:1 (Loomes *et al*, 2017). Cette étude suggère que les filles qui répondent aux critères du TSA sont plus susceptibles de ne pas recevoir de diagnostic clinique. Celles-ci présentent moins souvent des symptômes évidents et sont enclines à masquer leurs déficits sociaux, un phénomène appelé "camouflage", ce qui complique le diagnostic précoce, les erreurs de diagnostic ou encore l'absence de diagnostic (Loomes *et al*, 2017; Volkmar *et al*, 2014).

En ce qui concerne l'étiologie, les recherches en cours continuent d'approfondir la compréhension des mécanismes potentiels du TSA, mais actuellement aucune cause précise n'a été identifiée. Cependant, les caractéristiques génétiques contribuent à la susceptibilité du TSA. Les frères et sœurs de personnes atteintes de TSA présentant un risque accru de diagnostic par rapport aux normes de la population. On observe une concordance significativement plus élevée, bien que non absolue, du diagnostic de TSA chez les jumeaux monozygotes (Risch *et al*, 2014).

Le TSA serait dû à des anomalies précoces dans le développement cérébral, accompagnées d'une réorganisation neuronale (Crocq & Guelfi, 2015; Lord *et al*, 2018).

Certaines régions du cerveau sont plus communément affectées chez les personnes atteintes de TSA, ce qui peut conduire à des dysfonctionnements dans leur développement neurologique. Le cervelet, qui joue un rôle dans l'attention et la motricité et l'amygdale, associée aux émotions, font parmi de ces régions. Le lobe temporal, essentiel pour le langage et les interactions sociales, ainsi que le cortex préfrontal, impliqué dans l'attention, la planification, la pensée abstraite et le comportement social, peuvent également être touchés (Annett, 1999).

Ces altérations pourraient entraîner une connectivité anormale entre les différentes parties du cerveau, ce qui perturbe le développement des circuits neuronaux, surtout chez les enfants.

Par ailleurs, on observe souvent une croissance anormalement rapide du périmètre crânien chez les enfants avec TSA. Contrairement aux enfants typiques, qui voient une prolifération initiale des neurones suivie d'une sélection de réseaux plus efficaces, les enfants avec TSA semblent présenter une prolifération excessive de neurones sans sélection de réseaux efficaces. Cela conduit à une augmentation de la taille du cerveau et du périmètre crânien (Rogers & Dawson, 2020).

Les personnes atteintes de TSA connaissent un développement cérébral précoce et accéléré avec cette croissance anormale du périmètre crânien, qui entraîne une altération de la connectivité. La connectivité fait référence aux connexions physiques ainsi qu'aux interactions entre différentes parties du cerveau. Les résultats de recherche sont cohérents et indiquent une tendance à une sous-connectivité cérébrale globale, accompagnée d'une surconnectivité locale, souvent observée dans les régions frontales et occipitales. Cela se traduit par des profils variés chez les adultes atteints de TSA (Lord *et al*, 2018).

## I.2 Développement moteur de l'enfant avec TSA

Les difficultés motrices associées aux TSA sont largement répandues, cliniquement importantes, et souvent sous-évaluées, affectant jusqu'à 87 % des individus (Zampella *et al*, 2021). Elles peuvent se manifester avant les déficits typiques tels que les problèmes sociaux et de communication (Esposito *et al*, 2009 ; Wilson *et al*, 2018). On remarque des anomalies au niveau du développement psychomoteur dans différents domaines tels que :

- Le tonus : dérégulation tonique avec une hypotonie distale et une hypertonie proximale de l'axe et du bassin (*Autisme et psychomotricité*, 2023).
- La marche : démarche rigide avec un élargissement de la base de sustentation, une réduction de la longueur du pas, réduction globale des amplitudes des différentes articulations, ce qui pourrait entraîner une marche sur la pointe des pieds. (*Autisme et psychomotricité*, 2023).
- Contrôle postural : diminution des ajustements posturaux anticipatoires (*Autisme et psychomotricité*, 2023).
- La latéralité : asymétrie cérébrale atypique, indiquant des perturbations dans le processus de latéralisation. Cela serait expliqué par "*The theory of an agnostic right shift gene*" qui postule une dominance de l'activité cérébrale dans l'hémisphère droit des individus atteints de TSA. Selon cette hypothèse, des modifications génétiques ou des facteurs environnementaux pourraient entraîner un développement cérébral asymétrique, avec un déséquilibre de l'hémisphère droit par rapport à l'hémisphère gauche (Annett, 1999).
- Troubles des habiletés motrices : atteinte de la motricité fine avec une diminution de la force de prise manuelle, de la dextérité et de la coordination ayant un impact négatif sur l'apprentissage et l'exécution de gestes quotidiens (*Autisme et psychomotricité*, 2023).

- Les stéréotypies motrices : comportement moteur répétitif et sans but (*Autisme et psychomotricité*, 2023).

Ces déficits moteurs n'étaient pas initialement inclus dans les critères diagnostiques du DSM-IV. C'est en 2013 que les troubles du développement moteur ou de la coordination vont être reconnus comme des conditions indépendantes pouvant être associées au TSA dans le DSM-V (Crocq & Guelfi, 2015).

Les difficultés motrices observées chez les individus atteints du TSA peuvent être expliquées par divers mécanismes. Parmi ceux-ci, on retrouve des problèmes dans la planification des mouvements, l'anticipation des mouvements ou encore la préparation et l'initiation des mouvements (Barbeau et al, 2015; Brisson et al, 2012; Forti et al, 2011; Glazebrook et al, 2006). De plus, les anomalies de mouvement associées au TSA sont attribuées à un traitement perceptuel atypique, pouvant altérer l'entrée perceptive et l'intégration visuomotrice. Contrairement à l'idée d'une altération de la "machinerie motrice de base", les problèmes moteurs dans le TSA semblent liés à des déficits de haut niveau dans l'intégration sensorimotrice, ce qui entraîne une planification lente des mouvements (Gowen & Hamilton, 2013). Gowens et Hamilton ont démontré que les personnes atteintes de TSA présentent des anomalies dans plusieurs aspects du contrôle moteur : il semble que l'entrée sensorielle de bas niveau soit similaire ou parfois meilleure dans le TSA, tandis que le traitement sensoriel de haut niveau est anormal. Deuxièmement, l'intégration des différents sens pourrait être anormale, ce qui pourrait entraîner des imprécisions dans l'estimation de l'état. Troisièmement, la planification motrice semble être un défi pour les individus avec un TSA, avec des difficultés à organiser les connaissances motrices et des temps de réaction plus longs lors de la planification des mouvements. Les données suggèrent que la cinématique du mouvement est planifiée de manière appropriée, mais plus lentement, et que les actions peuvent ne pas être enchaînées. Enfin, des mouvements plus variables suggèrent une augmentation du bruit sensorimoteur, ce qui pourrait entraver l'exécution des mouvements. Malgré ces difficultés, les personnes avec TSA semblent bénéficier de la pratique répétée de séquences de mouvements, indiquant une adaptation

intacte du système moteur de base. Les processus d'apprentissage moteur semblent relativement intacts (Gowen & Hamilton, 2013).

### **I.3 Définition de la problématique**

Plusieurs études ont montré que les enfants atteints de TSA présentent des troubles moteurs tels que des déficits dans la coordination, l'équilibre, l'amplitude articulaire et la vitesse de mouvement (Jansiewicz *et al*, 2006).

Ces troubles moteurs entraînent une diminution de la pratique d'activité physique. Une étude comparant le niveau d'activité physique à l'école entre des élèves de primaire atteints de TSA (n = 23) et des élèves typiques (n = 23) a révélé que les enfants atteints de TSA étaient significativement moins actifs que le groupe témoin ( $p < 0,01$ ) (Pan, 2008).

Ce constat indique un mode de vie plus sédentaire qui entraîne des problèmes de santé plus fréquents, tels que les maladies cardiovasculaires, le syndrome de résistance à l'insuline, l'ostéoporose et l'obésité, par rapport aux individus du même âge ne présentant pas de TSA (Lang *et al*, 2010).

En plus de lutter contre ce mode de vie sédentaire, l'exercice physique pourrait constituer un moyen pour les enfants atteints de TSA de développer leurs compétences dans plusieurs domaines, notamment les capacités sensorimotrices, la communication et la socialisation. Dans la même optique, la pratique sportive est stimulante grâce au plaisir qu'elle procure et à la confiance en soi qu'elle favorise, ce qui en fait un environnement propice au développement global (Masson, s. d.).

Ajouté à cela, il existe une corrélation entre les troubles moteurs précoces et les troubles de communication. Il a été établi que les enfants présentant un trouble du mouvement précoce, sont sujets à un retard dans l'acquisition de la parole. Cela suggère que des interventions précoces axées sur la rééducation motrice pourraient potentiellement améliorer les perspectives de communication des enfants (Bhat *et al*, 2011).

L'activité physique semblerait bénéfique pour le développement global de l'enfant : langagier, social et moteur. Ce mémoire a comme objectif de faire état de la littérature sur l'impact de l'activité physique sur le développement moteur des enfants avec TSA.

## II. Méthode

La méthodologie de recherche pour cette revue narrative s'est basée sur une équation de recherche : "Le développement moteur chez les enfants avec TSA : l'impact de l'activité physique" établi par la méthode PICO.

Tableau 3 : critères PICO équation de recherche

P : Patients	Enfants âgés de 0-18 ans diagnostiqués d'un trouble du spectre autistique
I : Intervention	Activité physique
C : Comparaison	//
O : Outcomes (résultats)	Impact sur le développement moteur

Celle-ci a permis d'établir une liste de mots-clés qui ont pu être appliqués dans les différentes bases de données telles que : Pubmed, Embase et Google Scholar et a permis d'établir les équations de recherche suivantes :

### ***Équation de recherche Embase:***

“(autism'/exp OR autism) AND ('physical activity, capacity and performance'/exp OR 'physical activity, capacity and performance') AND ('motor development'/exp OR 'motor development')AND (2014:py OR 2015:py OR 2016:py OR 2017:py OR 2018:py OR 2019:py OR 2020:py OR 2021:py OR 2022:py OR 2023:py OR 2024:py) AND ('clinical article'/de OR 'controlled study'/de OR 'cross sectional study'/de OR 'longitudinal study'/de OR 'major clinical study'/de OR 'meta analysis'/de OR 'practice guideline'/de OR 'prospective study'/de OR 'randomized controlled trial'/de OR 'retrospective study'/de OR 'systematic review'/de)”

### ***Équation de recherche PubMed:***

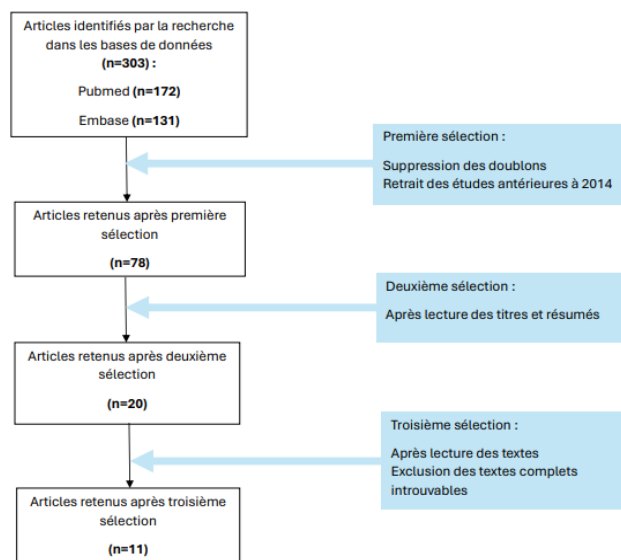
“autism and physical activity and motor skills or motor developpement”.

À l'issue d'une première recherche dans les différentes bases de données et la suppression des doublons, 172 articles ont été trouvés datant de 2014-2024. Un premier tri a été effectué sur base des titres et résumés des articles incluant les études portant sur des enfants âgés de 0-18 ans diagnostiqués d'un trouble du spectre autistique selon le DMS-5 sans trouble associé, diminuant le nombre à 20 articles.

La sélection des 11 articles a été réalisée après lecture et analyse de la qualité des différents articles. Cette procédure est décrite dans le schéma ci-dessous.

### ***Procédure de recherche :***

Figure 1 : Arbre décisionnel méthodologique



Les 11 articles sont détaillés dans la partie résultats de ce mémoire. Ces articles traitent de différents types d'activités physiques regroupés en catégories : exercices aérobiques, activités aquatiques, hippothérapie, réalité virtuelle et gymnastique.

### III. Résultat

Seulement un enfant sur cinq atteint de TSA respecte les recommandations en ce qui concerne l'activité physique : 60 minutes d'activité modérée à vigoureuse par jour. Ceci a un impact sur le développement des capacités motrices fondamentales et une augmentation du temps de sédentarité ayant un impact négatif direct sur le système cardio-respiratoire et l'obésité (Hocking et al, 2022; Moraes *et al*, 2022).

Les habiletés motrices fondamentales correspondent au développement de la stabilité et du contrôle d'objets. Ces compétences sont la base du développement d'habiletés plus complexes (Zamani *et al*, 2017).

Les interventions axées sur l'activité physique attirent de plus en plus l'attention en raison de leurs avantages physiques et psychologiques potentiels pour les enfants avec TSA, pouvant influencer positivement leurs comportements, y compris les comportements stéréotypés, le fonctionnement global, la communication et les performances scolaires. Il existe une corrélation positive entre les difficultés motrices et la gravité des symptômes de TSA. Dans cette optique, il est crucial de mettre en place des interventions précoces et adaptées aux enfants avec TSA afin de développer des programmes plus globaux qui abordent à la fois les aspects physiques et sociaux de leur bien-être (Hassani & Al-Mallak, 2019; Ketcheson *et al*, 2023; Najafabadi *et al*, 2018).

Cette partie du mémoire décrit les résultats issus de plusieurs études mettant en lumière les bienfaits variés de cinq catégories d'exercices : exercices aérobiques, réalité virtuelle, gymnastique, activité aquatique et hippothérapie. Les études et leurs méthodes sont reprises dans le *tableau 4*.

### III.1 Activité physique aérobique

Ce paragraphe examine en détail cinq études qui explorent les effets de divers programmes d'exercices aérobiques sur le développement moteur des enfants atteints de TSA. Ces différentes interventions comprennent : un programme d'activité aérobique visant à améliorer les scores du TGMD-3, un programme aérobique sur vélos adaptés à chaque enfant, un programme basé sur la méthode SPARK, une comparaison entre la méthode SPARK et ICPL, ainsi qu'une étude portant sur un programme inclusif. Le programme SPARK (Sport, Promoting Physical Activity and Wellness for Kids) est une intervention spécifique conçue pour améliorer les compétences motrices des enfants de façons ludiques tout en visant le plaisir et le bien-être. Alors que le programme ICPL (I Can Have a Physical Literacy) a été développé pour répondre aux besoins spécifiques des enfants atteints de TSA, en mettant l'accent sur l'acquisition de compétences motrices de base.

***“Promoting Positive Health Outcomes in an Urban Community-Based Physical Activity Intervention for Preschool Aged Children on the Autism Spectrum”***  
(Ketcheson *et al*, 2023)

Cet article étudie l'impact d'une activité physique collective et précoce sur les enfants avec TSA. 32 enfants âgés de 3 à 5 ans avec un diagnostic confirmé de TSA ont été inclus dans l'étude.

L'intervention, à l'origine planifiée pour être longitudinale sur deux ans avec six blocs de 12 semaines, a été modifiée en raison des circonstances de distanciation sociale liées à la pandémie de COVID-19. Elle a été réorganisée en un format comprenant 12 séances d'une heure par semaine.

Les enfants ont été évalués pour mesurer les changements dans leurs capacités motrices globales, leur condition physique liée à la santé (mesure de l'IMC) et leur niveau d'activité physique. Les compétences motrices ont été évaluées à l'aide du Test du Développement Moteur Grossier-3 (TGMD-3), tandis que l'activité physique a été mesurée à l'aide de l'accéléromètre Actigraph GT3X+.

Comme le montre l'annexe 2, on note des améliorations significatives dans les compétences motrices globales, notamment dans les compétences avec ballon du TGMD-3. Cependant, les changements dans les compétences locomotrices sont minimales et non significatifs. De plus, la condition physique liée à la santé a montré des améliorations, avec une diminution significative du Z score de l'indice de masse corporelle (IMC) et une amélioration significative de la performance au test isométrique de pompes (Cfr. annexe 2). Ces résultats soulignent l'importance des interventions précoces en activité physique pour les enfants atteints du TSA afin d'améliorer leur santé et leurs compétences motrices.

***“Impact of aerobic exercise on sleep and motor skills in children with autism spectrum disorders – a pilot study”***(Brand *et al*, 2015)

L'étude a recruté des enfants âgés en moyenne de 10 ans, avec une répartition équilibrée entre les sexes avec un diagnostic varié d'autisme infantile, du syndrome d'Asperger et d'autisme de haut niveau, selon les caractéristiques du DSM-IV.

Un plan d'entraînement individuel a été établi pour chaque enfant, prévoyant trois séances par semaine sur une période de 3 semaines. Chaque séance d'entraînement comprenait 30 minutes d'exercice de vélo adapté, suivi de 30 minutes de coordination et d'exercices d'équilibre. L'approche méthodologique utilisée était basée sur l'Analyse du Comportement Appliqué (ABA), utilisant une méthode de renforcement positif pour encourager les succès et l'apprentissage sans pour chaque enfant.

Les objectifs de l'intervention étaient de développer les compétences en équilibre et en coordination.

Pour évaluer l'impact de l'intervention sur le sommeil, des enregistrements EEG ont été réalisés avant, pendant et après l'intervention. Les parents ont également rempli des questionnaires sur le sommeil subjectif de leurs enfants.

Tous les enfants ont participé à toutes les évaluations, activités et mesures de sommeil. Les scores subjectifs et objectifs du sommeil n'ont pas changé. Les nuits

suivant une activité physique ont montré une augmentation du sommeil efficace et du sommeil lent profond, ainsi qu'une diminution du temps nécessaire pour s'endormir, par rapport aux nuits sans activité physique préalable. En ce qui concerne les compétences motrices, des améliorations significatives ont été observées pour la réception, le lancer de balle avec une ou deux mains, et l'équilibre sur poutre à la fin de l'intervention (Cfr. Annexe 3).

***“The effect of SPARK on social and motor skills of children with autism”***  
(Najafabadi *et al*, 2018)

Dans cette étude, 26 enfants âgés de 5 à 12 ans, diagnostiqués avec un TSA, ont été recrutés et répartis au hasard en deux groupes : un groupe de traitement comprenant douze participants et un groupe témoin de quatorze participants. Le groupe de traitement a suivi des séances de programme SPARK trois fois par semaine, tandis que le groupe témoin a suivi ses programmes de routine non SPARK.

Des évaluations ont été effectuées à trois moments différents à l'aide du Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP) : au début de l'étude, juste avant le début du programme et 2 à 7 jours après la dernière séance. L'échelle BOTMP comprend 8 sous-tests, 4 d'entre eux évaluent les compétences motrices globales (vitesse de course et agilité, l'équilibre, la coordination bilatérale et la force), 3 sous tests évaluent les compétences motrices fines (la vitesse de réaction, le contrôle visuomoteur et l'agilité du membre supérieur) et enfin le dernier sous test évalue les compétences motrices et la coordination du membre supérieur. Les questionnaires Gilliam Autism Rating Scale-Second Edition (GARS-2) et la liste de contrôle d'évaluation du traitement de l'autisme (ATEC) ont été administrés par les parents.

Le programme SPARK, comprenant 36 séances réparties sur 3 séances par semaine, a été structuré avec une partie d'échauffement de 10 minutes, une période de pratique de 20 minutes selon les objectifs du traitement, et une période de récupération de 10 minutes. Il vise à améliorer le bien-être lié à la santé et à favoriser la socialisation positive et le plaisir de l'activité physique.

Les résultats ont montré des améliorations significatives dans les capacités motrices, y compris l'équilibre (statique et dynamique) et la coordination, chez les enfants du groupe de traitement par rapport au groupe témoin (Cfr. Annexe 4). De plus, une amélioration significative des interactions sociales a été observée chez les enfants du groupe de traitement par rapport au groupe témoin, comme indiqué par les questionnaires ATEC et GARS-2.

***“Playing games can improve physical performance in children with autism”*** (F. Hassani *et al*, 2022)

La quatrième étude a impliqué trente enfants (10 filles et 20 garçons), âgés de 8 à 11 ans diagnostiqués avec un TSA de haut niveau. Ils ont été répartis aléatoirement en trois groupes : un groupe témoin et deux groupes expérimentaux, SPARK et ICPL. Les participants ont été évalués individuellement avant et après l'intervention à l'aide du test BOT, un outil reconnu pour évaluer les compétences motrices chez les enfants. Il mesure le développement moteur fin et global, au moyen de huit sous tests composés de 46 éléments distincts.

Dans cette étude, le programme SPARK se compose de seize séances de 60 minutes chacune, comprenant un échauffement de dix minutes, suivi de 40 minutes d'activités axées sur les compétences motrices telles que l'équilibre, la locomotion et les compétences avec le ballon, et enfin, dix minutes de retour au calme. Quant au programme ICPL, il comprend également des séances de 60 minutes, avec des activités telles que la locomotion, l'équilibre, le tir, le lancer, et l'utilisation d'outils visuels et de communication pour rendre les activités plus accessibles et divertissantes.

Dans cette étude, les deux programmes d'intervention, SPARK et ICPL, ont entraîné une amélioration significative des compétences motrices globales des enfants, avec des résultats statistiquement significatifs.

Les tests ont révélé des différences significatives entre les groupes expérimentaux SPARK et ICPL, soulignant des variations spécifiques dans l'efficacité des deux programmes. Dans les compétences motrices globales, des différences

significatives ont été trouvées entre le groupe témoin et chaque groupe expérimental. Mais il a été observé que la participation au programme ICPL pendant huit semaines a entraîné une amélioration significativement plus marquée de ces compétences par rapport au programme SPARK. Pour les compétences motrices fines, des différences significatives ont été observées entre le groupe témoin et le groupe expérimental ICPL, mais pas entre le groupe témoin et le groupe expérimental SPARK (Cfr. annexe 5).

Ces études portant sur les programmes SPARK et ICPL soulignent l'efficacité de ces interventions pour améliorer les compétences motrices des enfants TSA. Ces résultats mettent en lumière l'importance de choisir un programme adapté aux besoins individuels de chaque enfant pour optimiser leur développement moteur et leur qualité de vie.

***“Effects of an Inclusive Physical Activity Program on the Motor Skills, Social Skills and Attitudes of Students with and without Autism Spectrum Disorder”***

(Sansi *et al*, 2021)

Cette étude évalue l'efficacité d'un programme inclusif d'activité physique adaptée (IPA) sur les compétences motrices fondamentales (CMF) et les compétences sociales des enfants avec TSA, tout en examinant l'impact sur les attitudes de leurs pairs typiques. 49 enfants, âgés de 6 à 11 ans, ont été répartis en un groupe expérimental et un groupe témoin.

Le programme IPA s'étalait sur 12 semaines. Il se basait sur un apprentissage collaboratif, favorisant ainsi l'interaction entre les élèves TSA et leurs pairs, avec un soutien mutuel pour maximiser les bénéfices pour tous les participants. Les activités proposées comprenaient des exercices de développement physique, des jeux de groupe et des activités de coopération, toutes conçues pour être adaptées aux besoins individuels des élèves TSA.

Les compétences motrices fondamentales ont été évaluées à l'aide du Test of Gross Motor Development-3 (TGMD-3), tandis que les compétences sociales et les

attitudes des pairs ont été mesurées à l'aide du Friendship Activity Scale (FAS) et de l'Adjective Checklist (ACL). Des entretiens semi-structurés ont été menés avec les parents, les enseignants spécialisés, les enseignants d'éducation physique volontaires et les pairs typiques afin de recueillir des données qualitatives sur les perceptions et les expériences liées au programme IPA.

Les résultats de l'étude ont démontré une amélioration significative des compétences motrices fondamentales chez les enfants TSA du groupe expérimental, avec des gains observés dans les compétences locomotrices et avec le ballon. Une augmentation de l'intérêt pour l'activité physique et une amélioration de l'interaction sociale ont été notées par les parents et les enseignants. Les pairs typiques ont montré une réduction de la peur et une amélioration de la communication envers leurs pairs TSA après avoir participé au programme IPA.

Le programme d'activité physique adaptée s'est avéré être une intervention efficace pour améliorer les compétences motrices et sociales des enfants TSA, tout en favorisant des attitudes positives chez leurs pairs typiques.

### **III.2 La réalité virtuelle**

Les jeux vidéo actifs commencent à se développer et ceux-ci pourraient être une alternative afin d'augmenter le niveau d'activité physique des enfants atteints de TSA. Ces jeux ont comme avantage de pouvoir se jouer seuls, ce qui peut éviter le stress lié aux interactions sociales. Ces jeux exigent que le joueur fasse intervenir tout son corps afin d'interagir avec le monde virtuel permettant d'augmenter le temps d'activité physique et la dépense énergétique.

Ces programmes de réalité virtuelle (RV) pourraient être une solution motivationnelle, offrant des activités engageantes qui pourraient réduire la sédentarité et favoriser un meilleur transfert dans les activités de la vie quotidienne (AVJ).

Les trois articles suivants ont comme objectif d'identifier si la RV peut avoir un effet positif sur le niveau d'activité physique des enfants atteints de TSA et indirectement avoir un effet positif sur le développement des habiletés motrices.

***“Effect of Longitudinal Practice in Real and Virtual Environments on Motor Performance, Physical Activity and Enjoyment in People with Autism Spectrum Disorder: A Prospective Randomized Crossover Controlled Trial” (Moraes et al, 2022)***

Cette étude évalue la pratique prolongée d'une activité physique dans un environnement réel et virtuel chez les enfants atteints de TSA. Les variables étudiées sont les suivantes : l'amélioration des performances motrices et si celles-ci pourraient être transférées dans une pratique hors contexte de jeu, l'activité physique en améliorant la fréquence cardiaque et le plaisir.

22 enfants et adolescents âgés 10 à 16 ans diagnostiqués de TSA ont été inclus à l'étude. Ils ont participé à un programme de 10 séances, organisées deux fois par semaine, d'une durée de 12 minutes par session, avec 5 séances de pratique. L'intervention a duré au total six semaines comprenant l'évaluation préintervention et les 10 sessions.

Le jeu évalué dans cette étude a été mis au point par l'école des Arts, Sciences et Humanités de l'Université de Sao Paulo. L'objectif consiste à empêcher les sphères de tomber et celles-ci doivent être spécifiquement récupérées avec les cibles de même couleur. Deux interfaces ont été utilisées, soit les mouvements du participant sont captés par une webcam en utilisant un casque de réalité virtuelle (environnement virtuel) et celui-ci ne doit pas avoir de contact physique pour réaliser la tâche ; soit le participant, utilise l'écran tactile du jeu pour répondre à la tâche demandée (environnement réel).

Les deux groupes ont utilisé les deux interfaces, mais dans des ordres opposés. Groupe A : ils ont débuté avec l'interface de la webcam et ensuite l'écran tactile (virtuel → réel).

Groupe B : ils ont débuté avec l'écran tactile suivi de la webcam (réel → virtuel).

Les données démontrent une nette amélioration dans la précision des mouvements (cfr. Annexe 6) ainsi que dans la précision variable (Cfr Annexe 7) (constance dans l'exécution des mouvements) chez les participants au fur et à mesure de leur progression dans l'entraînement. De plus, les participants débutant par une tâche virtuelle ont démontré une meilleure précision lorsqu'ils ont ensuite effectué une tâche réelle, comparativement à ceux ayant suivi la séquence inverse (groupe A>B), démontrant un meilleur transfert des compétences acquises. Ces observations suggèrent que l'ordre des tâches peut influencer la performance motrice.

La deuxième variable étudiée était la fréquence cardiaque. Tous les participants portaient un capteur de fréquence cardiaque thoracique permettant de déterminer la fréquence cardiaque de repos, lors du jeu et la réserve cardiaque. Le groupe A (virtuel-réel) a enregistré un niveau de réserve cardiaque plus élevé que le groupe B (réel-virtuel). Cependant, il y a eu une amélioration de cette réserve pour les deux groupes lors de la deuxième pratique démontrant le bénéfice du jeu dans les deux environnements en ce qui concerne l'activité physique. Le niveau d'intensité de l'activité était de très légère (<30% FC) à légère (<39%FC).

Le plaisir a été évalué au moyen d'une échelle qualitative du plaisir représentée par de smileys gradués de 0 "pas amusant" à 4 très amusant". Cette échelle a été appliquée après chaque session de réalité virtuelle. Dans les deux groupes, les niveaux de plaisir ont été évalués quotidiennement à "un peu amusant" et "très amusant". Aucune différence n'a été observée entre les deux groupes.

On remarque une diminution de la performance physique et du plaisir ressenti lors du passage de l'environnement virtuel vers le réel.

En conclusion, l'environnement virtuel présentait un niveau de difficulté plus élevé, mais permettait un meilleur transfert dans un environnement réel. Les performances des participants étaient principalement meilleures dans l'environnement virtuel. En matière d'activité physique, la tâche demandée ne représentait qu'un niveau faible d'intensité et la majorité des participants ont apprécié l'intervention.

***“Feasibility of a virtual reality-based exercise intervention and low-cost motion tracking method for estimation of motor proficiency in youth with autism spectrum disorder” (Hocking et al, 2022)***

Cette étude a mis au point GaitWayXR, un programme permettant d’associer des compétences de réalité virtuelle immersive avec la capture de mouvements. Ils ont utilisé une caméra Microsoft Kinect et des réseaux neuronaux artificiels afin de suivre en temps réel les changements biomécaniques. Cela permet d’adapter de manière précise l’environnement et de cette manière d’ajuster le niveau du jeu en temps réel.

L’objectif principal de cette étude était d’évaluer la faisabilité de GaitWayXR au moyen de questionnaire structuré, “SSQ” : questionnaire de simulation de la maladie, évaluant les effets secondaires, “SUS” : System Usability Scale, mesurant l’utilisabilité d’un système et un questionnaire conçu dans le cadre de l’étude évaluant la satisfaction des participants pour le jeu.

Le second objectif était de déterminer si ce programme était efficace afin d’améliorer la motricité globale et la flexibilité cognitive des enfants et adolescents atteints de TSA. Afin d’évaluer la motricité globale, le test Bruininks Oseretsky (BOT-2) a été utilisé. Celui-ci mesure la stabilité, la force, la mobilité, la coordination et la manipulation d’objets. La flexibilité cognitive a été évaluée au moyen de deux échelles : Social Responsiveness Scale (SRS-2), évaluant la réciprocité sociale et Dimensional Change Card Sort (DCCS), évaluant les fonctions exécutives et la flexibilité cognitive.

Dix enfants avec un diagnostic de TSA âgés de 10 à 17 ans (9 hommes et 1 femme) ont été recrutés. Durant deux semaines, les participants ont suivi six sessions de RV de 20min. Le jeu utilisé dans l’étude était un jeu de danse dans lequel les participants devaient exécuter des mouvements de danse recommandés par un ergothérapeute. Le niveau de difficulté des mouvements à réaliser augmentait sur base d’une analyse en temps réel de la qualité et quantité de pas corrects.

Les résultats de l'étude n'ont montré aucune amélioration significative sur le plan de la motricité globale ou de flexibilité cognitive chez les enfants atteints de TSA. Cependant, il faut rester critique face à ces premiers résultats au vu de la taille de l'échantillon ainsi que la courte durée et le dosage des différentes sessions. De plus, la caméra Kinect a pu montrer des corrélations positives modérées dans l'amélioration des indicateurs d'efficacité du mouvement, de synchronisation et de symétrie au cours des différentes sessions.

L'évaluation du programme GaitWayXR a révélé une faible incidence d'effets indésirables et a suscité une satisfaction générale chez les parents. Néanmoins, ces derniers ont souligné que l'espace requis était trop important et le coût trop élevé.

***“Does playing a sports active video game improve object control skills of children with autism spectrum disorder?” (Edwards et al, 2017)***

Cette étude examine si la RV permet d'améliorer les compétences de contrôle des objets réelles ou perçues des enfants TSA par rapport aux enfants avec un développement neurotypique. La compétence de contrôle d'objets a été mesurée au moyen du test de développement moteur global-3 (TGMD-3). La perception des compétences motrice a été mesurée au moyen de l'échelle “Perceived Motor Skill Competence for Children” (PSMSC)

L'objectif secondaire consistait à évaluer si cette intervention était réalisable chez les enfants TSA, car ceux-ci ont des habiletés motrices fondamentales inférieures par rapport à leurs pairs. Afin d'évaluer l'applicabilité de ce programme, un questionnaire a été passé aux parents lors d'entretiens semi-structurés.

Dans cette étude, 11 enfants âgés de 6 à 10 ans, diagnostiqués avec un TSA, ont été inclus et répartis dans deux groupes : un groupe d'intervention (n=19) et un groupe témoin (n=17) intégrés avec leurs pairs neurotypiques. À la fin de cette étude, seules les données pour le groupe interventionnel ont été retenues.

Le groupe interventionnel d'enfants TSA devait suivre l'intervention pendant 45 à 60 minutes, trois fois par semaine, pendant deux semaines à domicile. Le groupe

interventionnel d'enfants au développement typique a pris part à des séances de jeu de 50 minutes, une fois par semaine, pendant les heures de repas à l'école sur une période de six semaines.

La Xbox Kinect a été utilisée comme moyen d'intervention, ce programme inclut un périphérique d'entrée à détection de mouvement.

Pendant l'intervention, le groupe TSA a passé en moyenne 59,3 heures (écart-type de  $5,4 \pm 1,6$ ) à utiliser la Xbox Kinect, tandis que le groupe au développement neurotypique a passé 76,2 heures (écart-type de  $4,00 \pm 0,58$ ). Les jeux de frappe ont été les plus populaires dans les deux groupes, totalisant 29,3 heures pour le groupe TSA et 54,3 heures pour le groupe au développement neurotypique, suivis par d'autres jeux de sports développant le contrôle d'objets (20,9 heures pour le groupe TSA et 15,6 heures pour le groupe TD) et des jeux sans contrôle d'objet (9,1 heures pour le groupe TSA et 6,3 heures pour le groupe TD). Dans le groupe TSA, le tennis a été le jeu le plus joué (8,4 heures), suivi du golf (7,8 heures) et du bowling (7,6 heures), tandis que dans le groupe TD, le golf (17,2 heures), le baseball (14,6 heures) et le tennis de table (13,2 heures) ont été les plus populaires.

Les résultats de cette étude n'ont révélé aucune amélioration de compétence motrice d'utilisation d'objets pour les enfants TSA. Cependant, ceux-ci ont amélioré leur perception de compétence par rapport aux enfants ayant un développement typique. (Cfr. Annexe 8)

L'étude conclut que l'utilisation de jeux vidéo est réalisable. En effet, tous les enfants ont terminé l'intervention et les parents ont constaté des aspects positifs à l'utilisation de ce programme tel que la flexibilité, l'intérêt porté par leurs enfants envers le jeu ainsi que la possibilité d'augmenter l'activité physique diminuant le temps sédentaire. Ils ont déploré le manque d'encadrement des enfants et le contexte sportif.

### III.3 Gymnastique

#### *“The Effect of Gymnastic Exercises on Motor Skills in Autistic Children”*

(Zamani et al., 2017)

L'objectif de cette étude était d'examiner l'impact d'un programme de gymnastique sur le développement de la motricité globale chez les enfants avec TSA. Pour ce faire, l'échelle de Bruininks-Oseretski BOTMP-2 a été utilisée.

30 enfants âgés de 8 à 12 ans, atteints de TSA, présentant un QI supérieur à 70 et aucune incapacité motrice ont été inclus. Le niveau de sévérité de l'atteinte autistique a été déterminé à l'aide du questionnaire “Autism Spectrum Screening Questionnaire” (ASSQ).

Sur base de ces caractéristiques, deux groupes ont été constitués. Le groupe expérimental (n=15) a participé à 48 sessions d'exercices de gymnastique à raison de 3 fois par semaines pendant 16 semaines. Une session de gymnastique incluait 10 minutes d'échauffement, 25 minutes d'exercices de gymnastique de base et la séance se terminait par 10 min de récupération. Durant cette même période, le groupe contrôle (n=15) a continué ses activités quotidiennes.

Les deux groupes étaient statistiquement similaires pour les résultats prétest à l'échelle BOTMP-2. À la suite de ces 16 semaines d'intervention, les résultats des tests pour les deux groupes étaient statistiquement différents, le groupe expérimental a montré des résultats supérieurs pour les items d'équilibre, de coordination bilatérale, de contrôle visuel et de la vitesse ainsi que l'agilité et la coordination du membre supérieur, par rapport au groupe contrôle. Cependant, aucune différence significative n'a été observée pour les sous-tests évaluant la vitesse de course et l'agilité ainsi que la force et la vitesse de réaction. (Cfr. Annexe 9).

Les résultats de cette étude montrent que les exercices de gymnastiques pourraient être bénéfiques pour les enfants TSA afin d'améliorer la connectivité entre le système neuronal et musculosquelettique et de cette manière améliorer les compétences motrices fines, les compétences motrices globales et l'équilibre.

### III.4 Activité aquatique

Les activités aquatiques offrent un environnement unique où les compétences motrices peuvent être améliorées, grâce à des avantages physiques tels que la réduction des spasmes musculaires et l'augmentation de la mobilité articulaire.

Il existe peu d'études sur les différents types d'entraînement aquatique et leurs effets spécifiques sur les compétences motrices et les comportements stéréotypés des enfants avec TSA.

Ce paragraphe se concentre sur deux études qui examinent les effets de deux programmes d'entraînement aquatique sur la locomotion, les comportements stéréotypés et la régulation émotionnelle chez les enfants avec TSA.

*“The Effect of Halliwick Method on Aquatic Skills of Children with Autism Spectrum Disorder”* (Vodakova et al, 2022)

La première étude se concentre sur l'impact de la méthode Halliwick sur les compétences aquatiques et motrices des enfants atteints TSA. La méthode Halliwick est une approche de la natation qui met l'accent sur la confiance et l'indépendance dans l'eau en utilisant des principes de flottabilité, d'équilibre et de contrôle du mouvement pour aider les participants à développer des compétences aquatiques. Elle se concentre sur des exercices progressifs et individuels pour permettre aux personnes de tous niveaux de développer leur capacité à se déplacer efficacement et en toute sécurité dans l'eau.

Les participants ont assisté à des sessions aquatiques d'une heure, une fois par semaine pendant neuf semaines, avec les deux premières semaines comme période de référence. La plupart des participants étaient des garçons âgés en moyenne de 9,4 ans, avec un diagnostic de TSA et une expérience préalable de natation, mais sans expérience de la méthode Halliwick.

Les compétences aquatiques ont été évaluées avec le test d'orientation aquatique Alyn 1 (WOTA-1), tandis que les compétences motrices ont été mesurées avec le test de fonction motrice globale (GMFM). Les résultats ont montré l'efficacité de la

méthode Halliwick dans l'amélioration des compétences aquatiques des enfants atteints de TSA, avec des progrès significatifs observés entre les interventions 4 et 5. Par exemple, les scores WOTA-1 ont augmenté de 18 points en moyenne entre ces deux interventions (Cfr. Annexe 10).

Les participants ont montré des améliorations dans les domaines de l'adaptation mentale, du contrôle de la respiration et des capacités fonctionnelles par des améliorations des scores GMFM (Cfr. Annexe 11).

Chaque participant a été évalué individuellement, révélant des améliorations variables dans chaque domaine évalué. Les scores WOTA-1 ont montré des variations dans les progrès réalisés par chaque enfant au fil des neuf semaines d'intervention. De plus, les scores GMFM ont montré des améliorations significatives, en particulier dans le domaine de l'équilibre. Bien qu'aucune corrélation significative n'ait été trouvée entre les scores WOTA-1 et GMFM, les deux tests ont montré des améliorations chez tous les participants. L'étude démontre l'efficacité de la méthode Halliwick dans l'amélioration des compétences aquatiques et motrices des enfants atteints de TSA et souligne la variabilité des progrès individuels dans ces domaines.

***“Effects of Aquatic Training in Children with Autism Spectrum Disorder”***  
(Marzouki *et al*, 2022)

La deuxième étude décrit l'effet de programmes d'activités aquatiques sur les compétences motrices, le comportement stéréotypé et la régulation émotionnelle des enfants atteints de TSA. Deux protocoles d'entraînement différents ont été utilisés : un programme technique basé sur la méthode Halliwick et des compétences de natation de base, et un programme basé sur des activités ludiques. Les enfants ont été répartis aléatoirement en trois groupes : deux groupes expérimentaux et un témoin. Avant et après une période de 8 semaines, les enfants ont été évalués à l'aide du Test du Développement Moteur Grossier-2 (TGMD-2), de l'échelle GARS-2 pour le comportement stéréotypé, et de la Liste de Contrôle de

la Régulation Emotionnelle (ERC). Vingt-huit enfants âgés de 6 à 7 ans, tous atteints de TSA, ont participé à l'étude.

Les séances d'entraînement avaient lieu deux fois par semaine pendant 8 semaines. Les résultats ont montré des améliorations significatives dans les compétences motrices, une réduction des comportements stéréotypés et une amélioration de la régulation émotionnelle après les programmes d'activités aquatiques. Les compétences locomotrices et de contrôle d'objet ont augmenté de manière significative dans les groupes expérimentaux par rapport au groupe témoin, avec des augmentations de 10 à 15% selon les mesures. Cependant, aucune différence significative n'a été observée dans la régulation émotionnelle entre les groupes. Une diminution significative du comportement stéréotypé a été observée dans tous les groupes après les programmes d'activités aquatiques, avec des réductions de l'ordre de 20 à 25% (Cfr. Annexe 12).

### **III.5 Hippothérapie**

*“Effects of therapeutic horse riding on gait cycle parameters and some aspects of behaviors of children with autism”* (Steiner & Kertesz, 2015)

Depuis plusieurs années, l'hippothérapie est utilisée avec les enfants avec TSA. Cette thérapie par le cheval présente de nombreux bénéfices tels que l'amélioration du tonus, les troubles de sensibilité, les fonctions motrices, la perception du schéma corporel, l'équilibre, la coordination et le contrôle des mouvements de la tête et du tronc. Par la proximité et l'engagement envers le cheval, elle pourrait également contribuer à l'amélioration de certains aspects cognitifs et émotionnels tels que : l'attention, la confiance en soi, l'expression de soi et l'indépendance.

L'objectif de cette étude était d'analyser l'hippothérapie d'un point de vue médical et d'en évaluer les avantages et son fonctionnement. Des analyses de marche ont été réalisées au moyen d'un système d'analyse des performances Ariel (APAS). Ce système permet d'analyser des vidéos et de mesurer les différents déplacements des segments corporels dans l'espace selon les trois plans de l'espace : vertical, sagittal

et horizontal. Au total, 104 analyses de la marche ont été réalisées chez 26 élèves (12 garçons et 14 filles) d'une école spécialisée. Pour chaque enfant, 30 cycles de marche ont été analysés. Les analyses ont été réalisées avant l'intervention, après l'intervention, un mois après l'intervention et après trois mois sans intervention.

Plusieurs aspects du développement ont été évalués tels que : la communication, le soin de soi, la motricité et la socialisation au moyen du test Pedagogical Analysis and Curriculum (PAC-test). Chaque enfant devait effectuer des tâches, lorsqu'elles étaient acquises, ils recevaient des crédits pour la catégorie testée.

Deux groupes ont été mis en place : témoin (13 enfants : 6 garçons/ 7 filles) (13 enfants : 6 garçons/ 7 filles) et thérapie équestre (13 enfants : 6 garçons/ 7 filles) de manière randomisée sur base du score de sévérité du TSA, mais aussi du niveau d'activité physique déterminé par un médecin. Le groupe thérapie a suivi des séances d'hippothérapie de 30 min une fois par semaine ainsi que des séances pédagogiques d'éducation. Le groupe contrôle a suivi des thérapies pédagogiques spécialisées à raison d'une heure par jour.

L'analyse de la marche dans le plan sagittal a montré un changement dans la durée du cycle de marche compris entre l'attaque talon d'un côté jusqu'à l'attaque talon suivante de ce même côté. On remarque une amélioration de la longueur du pas passant de 13 à 50 cm chez 73% des enfants du groupe thérapie et un meilleur équilibre. Cette amélioration n'a pas été observée dans le groupe contrôle avec une longueur de pas significativement réduite du côté droit et une augmentation de cette longueur côté gauche, entraînant une asymétrie accrue. Cette asymétrie du pas du côté droit était présente dans les deux groupes avant l'intervention. Celle-ci peut être expliquée par "la théorie sur le déplacement du gène vers la droite" décrite dans l'étude d'Annett (Annett, 1999) comme expliquée dans l'introduction. (Cfr annexe 13)

Les résultats au test PAC montrent une amélioration significative pour le groupe équestre. Cependant, aucune amélioration n'a été observée pour le groupe témoin. Soutenant l'hypothèse que l'hippothérapie est une thérapie complexe ayant un effet

sur plusieurs niveaux chez l'enfant avec TSA. La thérapie équestre semble donc être une bonne alternative aux thérapies conventionnelles.

Tableau 4 : Méthode et résultats des études

<b><u>Article</u></b>	<b><u>Population étudiée</u></b>	<b><u>Programme d'intervention</u></b>	<b><u>Effets mesurés</u></b>	<b><u>Résultats</u></b>
(Ketcheson <i>et al</i> , 2023)	32 enfants âgés de 3 à 5 ans	Une séance de 1h durant 12 semaines. Chaque séance cible une compétence ballon et locomotrice du TGMD-3.	Motricité globale : TGMD-3	Amélioration : - Compétences avec ballon - Locomotrice (non-significatif)
			Condition physique liée à la santé : test de conditions physique Brockport	Amélioration : - Diminution de l'IMC - Pompes isométriques
(Brand <i>et al</i> , 2015)	10 enfants âgés 7 à 13 ans	Trois séances par semaine sur trois semaines. Chaque séance était adaptée à chaque enfant : 30min de vélo et 30 min de coordination et équilibre basé sur la méthode ABA.	Sommeil	Amélioration : - Nuit après activité
			Motricité globale	Amélioration : - Manipulation de ballon - Équilibre
(Najafabadi <i>et al</i> , 2018)	28 enfants âgés de 5 à 12 ans	Trois séances par semaine sur douze semaines. Chaque séance était basée sur le programme SPARK comprenant : une activité basée sur la condition physique et la santé ainsi qu'une activité basée l'habileté motrice.	Caractéristiques spécifiques au TSA : GARS-2	Amélioration : - Interactions sociales
			Changements de comportements : ATEC	Amélioration : - Interactions sociales - Estime de soi
			Développement moteur : BOTMP-2	Amélioration : - Équilibre statique et dynamique - Coordination bilatérale

(Hassani <i>et al</i> , 2022)	30 enfants âgés de 8 à 11 ans	Deux séances de 1h par semaine pendant huit semaines. Comparaison de deux programmes SPARK et ICPL.	Habilités motrices : BOT	SPARK : - Augmentation des capacités motrices : globales
				ICPL : - Augmentation des capacités motrices : fines et globales
(Sansi <i>et al</i> , 2021)	49 enfants âgés de 6 à 11 ans comprenant 3 groupes : -Groupe de traitement : 14 élèves TSA et 14 élèves typique -Groupe témoin : 11 élèves TSA et un autre groupe de 10 élèves TD.	Deux séances de 1h deux fois par semaine pendant douze semaines. Chaque séance comprenait des mouvements immersifs (5 min), des exercices fonctionnels (10 min), des activités de groupe (35 min) et des activités impliquant tout le groupe (10 min).	Habilités motrices : TGMD-3	Amélioration pour le groupe inclusif et contrôle : - Compétences locomotrices - Manipulations de balle Pas de différence entre les groupes.
			Perception des enfants à l'égard des enfants TSA : SAF et ACL	Amélioration : - Communication - Diminution de la peur
			Comportement : formulaire aux parents	Amélioration : - Intérêt AP - Interaction sociale

(Moraes <i>et al</i> , 2022)	22 enfants âgés de 10 à 16 ans	Deux séances par semaine pendant 6 semaines. Chaque séance dure 12 minutes. Comparaison de l'immersion avec un casque (environnement virtuel) et de l'écran tactile (environnement réel).	Habilité motrice : taux d'erreurs de mouvements Et transfert hors contexte de jeux	- Meilleur transfert des compétences motrices de l'environnement virtuel vers réel
			Fréquence cardiaque	- Amélioration dans les deux groupes - La réserve cardiaque est meilleure du virtuelle vers le réel
			Échelle qualitative de plaisir	- Diminution du plaisir lors de la transition V → R - Satisfaction générale
(Hocking <i>et al</i> , 2022)	10 enfants de 10 à 17 ans	3 sessions par semaine de 20 minutes pendant 2 semaines. Elles comprenaient des jeux de danse.	La faisabilité du jeu : questionnaire structuré SQ et questionnaire d'évaluation des effets secondaire SUS	- Programme évalué comme faisable
			Motricité globale : BOT-2	- Pas d'amélioration significative
			Flexibilité cognitive : SRS-2 et DCCS	- Pas d'amélioration significative
(Edwards <i>et al</i> , 2017)	11 enfants âgé de 6 à 10 ans	3 sessions par semaine de 45 à 60 minutes pendant deux semaines.	Les compétences de control d'objet : TGDMD-3	- Pas d'amélioration significative

		Elles comprenaient des jeux de sport sur Xbox.	La perception de compétences motrice : PMSC	- Amélioration de deux points
			La faisabilité du programme : questionnaire aux parents	- Réalisable
(Zamani <i>et al</i> , 2017)	30 enfants âgés de 8 à 12 ans.	3 séances par semaine pendant 16 semaines. Les séances comprennent 10 minutes d'échauffement, 25 min de gym et 10 min de récupération.	Motricité globale : BOTMP-2	Amélioration : - Équilibre - Coordination - Contrôle visuel - Agilité et coordination du MS
(Vodakova <i>et al</i> , 2022)	7 enfants âgés de 8 à 11 ans.	9 séances d'une heure pendant 9 semaines. Suivant la méthode Halliwick.	Orientation dans l'eau : ALYN (WOTA-1)	Amélioration : - 18 points entre l'intervention 4 et 5 - Contrôle de la respiration - Adaptation mentale - Capacité fonctionnelle
			Motricité globale : GMFM	Amélioration : - Augmentation de 9,3% des résultats du test en moyenne - Équilibre
(Marzouki <i>et al</i> , 2022)	22 enfants âgés de 5 à 7 ans.	2 séances de 50 minutes par semaines pendant 8 semaines. Comparaison de deux programmes : Halliwick et un programme ludique.	Développement moteur global : TGMD-2	Amélioration : - Locomotrice - Contrôle objets
			Caractéristiques spécifiques au TSA : GARS-2	Amélioration :

				- Comportements stéréotypés
			Régulation des émotions : ERC	Amélioration
(Steiner & Kertesz, 2015)	26 enfants âgés de 10 à 13 ans.	1 séance de 30 minutes par semaine pendant 8 semaines. les séances comprenaient de l'hippothérapie et étaient accompagnés de séances pédagogiques d'éducation.	Analyse de la marche : APAS	Amélioration : - Longueur du pas - Meilleure équilibre - Symétrie du pas
			Développement de la communication – soin de soi – motricité – sociabilisation : PAC	Amélioration significative

Tableau 5 : Statistiques des résultats

Tests utilisés	Caractéristiques du test	Articles	Statistiques
<b>BOT-2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La motricité fine : précision</li> <li>- La motricité fine : intégration</li> <li>- Dextérité manuelle</li> <li>- Coordination bilatérale</li> <li>Equilibre</li> <li>- Test de course et agilité</li> <li>Coordination des MS</li> <li>- Force</li> </ul>	(Hassani et al., 2022) <b>(n=30)</b> “Playing games can improve physical performance in children with autism”	<b>Significatif sauf 1</b> <b>Gross skills</b> -spark vs control (p<0,005) -ICPL vs control (<0,005) -spark vs ICPL (<0,005) <b>Fine skills</b> -spark vs control ( <b>p=0,086</b> ) -ICPL vs control (<0,005) -spark vs ICPL (<0,005) <b>Motor skills</b> -spark vs control (p<0,005) -ICPL vs control (<0,005) - spark vs ICPL (<0,005)
		(Hocking et al., 2022) <b>(n=10)</b> “Feasibility of a virtual reality-based exercise intervention and low-cost motion tracking method for estimation of motor proficiency in youth with autism spectrum disorder”	<i>Non-significatif</i> (p=0.093)
		(Zamani et al., 2017) <b>(n=30)</b> “The Effect of Gymnastic Exercises on Motor Skills in Autistic Children”	<b>Significatif</b> p<0.05 pour les items : <i>équilibre, coopération bilatérale, contrôle visuel du mouvement et vitesse, l'agilité et de la coordination des membres supérieurs</i>  <i>Non-significatif</i> p>0.05 : <i>Vitesse de course et agilité et la force</i>
<b>BOTMP-2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Force</li> <li>- Agilité</li> <li>- Equilibre</li> <li>- Coordination globale</li> </ul>	(Najafabadi et al., 2018) <b>(n=28)</b> “The effect of SPARK on social and motor skills of children with autism”	<b>Significatif</b> Static balance (p=0,009) Dynamic balance (p=0,001)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dextérité manuelle</li> <li>- Précision des mouvements</li> </ul>		
<b>Brockport</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonction aérobique</li> <li>- Composition corporelle</li> <li>- Fonctionnement musculosquelettique</li> </ul>	<p>(Ketcheson et al., 2023)  <b>(n=32)</b>          “Promoting Positive Health Outcomes in an Urban Community-Based Physical Activity Intervention for Preschool Aged Children on the Autism Spectrum”</p>	<p>BMI z-score (<b>p=0,027</b>)          Waist-hip ratio (p=0,245)          Modified curl ups (p=0,184)          Isometric push up (<b>p=0 ,020</b>)          Standing long jump (p=0.335)</p>
<b>Gait-cycle analysis</b>		<p>(Steiner &amp; Kertesz, 2015)  <b>(n=26)</b>          “Effects of therapeutic horse riding on gait cycle parameters and some aspects of behaviors of children with autism”</p>	<p><b>Significatif</b>  <i>p&lt;0.05 pied droit</i></p>
<b>GARS-2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comportements stéréotypés</li> <li>- Communication</li> <li>- Interaction sociale</li> </ul>	<p>(Najafabadi et al., 2018)  <b>(n=28)</b>          “The effect of SPARK on social and motor skills of children with autism”</p>	<p><b>Significatif</b>          (p=0,01)</p>
		<p>(Moraes et al., 2022)  <b>(n=22)</b>          “Effect of Longitudinal Practice in Real and Virtual Environments on Motor Performance, Physical Activity and Enjoyment in People with Autism Spectrum Disorder: A Prospective Randomized Crossover Controlled Trial”</p>	<p><i>Non-significatif</i>          p&gt;0.05</p>
		<p>(Marzouki et al., 2022)  <b>(n=22)</b>          “Effects of Aquatic Training in Children with Autism Spectrum Disorder”</p>	<p><b>significatif</b>          -Halliwick (p&lt;0,0001)          -game based (p&lt; 0,0001)</p>
<b>GMFM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se coucher et rouler</li> <li>- S’asseoir</li> <li>- Ramper et s’agenouiller</li> <li>- Se mettre debout</li> <li>- Marcher courir et sauter</li> </ul>	<p>(Vodakova et al., 2022)  <b>(n=7)</b>          “The Effect of Halliwick Method on Aquatic Skills of Children with Autism Spectrum Disorder”</p>	<p>Amélioration de % entre 3,5 et 12,7 en fonction des participants</p>

<b>PEDI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveau de compétence Fonctionnel typique</li> <li>- Modification ou équipement Adaptatif utilisé</li> <li>- Aide physique requise du Soignant</li> </ul>	<p>(Moraes et al., 2022) <b>(n=22)</b> “Effect of Longitudinal Practice in Real and Virtual Environments on Motor Performance, Physical Activity and Enjoyment in People with Autism Spectrum Disorder: A Prospective Randomized Crossover Controlled Trial”</p>	<p><i>Non-significatif</i> <math>p &gt; 0.05</math></p>
<b>TGMD-2</b>  <b>TMGD-3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habilités locomotrices</li> <li>- Habilité de manipulation de Balle</li> </ul>	<p>(Ketcheson et al., 2023) <b>(n=32)</b> “Promoting Positive Health Outcomes in an Urban Community-Based Physical Activity Intervention for Preschool Aged Children on the Autism Spectrum”</p>	<p>Locomotor (<math>p=0,683</math>) Ball skills (<b><math>p &lt; 0,001</math></b>)</p>
		<p>(Sansi et al., 2021) <b>(n=49)</b> “Effects of an Inclusive Physical Activity Program on the Motor Skills, Social Skills and Attitudes of Students with and without Autism Spectrum Disorder”</p>	<p><b>Significatif</b> Compétences locomotrices (<math>p=0,003</math>) Compétence de balle (<math>p=0,004</math>)</p>
		<p>(Edwards et al., 2017) <b>(n=11)</b></p>	<p><i>Non-significatif</i> <math>p=0.798</math></p>
		<p>(Marzouki et al., 2022) <b>(n=22)</b> “Effects of Aquatic Training in Children with Autism Spectrum Disorder”</p>	<p><b>significatif</b> locomotor: -Halliwick (<math>p &lt; 0,005</math>) -game based (<math>p &lt; 0,005</math>) object control -Halliwick (<math>p &lt; 0,005</math>) -game based (<math>p &lt; 0,005</math>)</p>
<b>Autre</b>		<p>(Brand et al., 2015) <b>(n=10)</b> “Impact of aerobic exercise on sleep and motor skills in children with autism spectrum disorders – a pilot study”</p>	<p><b>Significatif</b> Manipulation de ballons (<math>p=0,002</math>) Equilibre (<math>p=0,014</math>)</p>

## IV. Discussion

Ce mémoire a comme objectif d'identifier l'impact d'une pratique physique dans le développement moteur des enfants atteints de TSA. Après avoir examiné les différents résultats issus des études citées ci-dessus, les évaluations des compétences motrices ont été sélectionnées et intégrées dans le tableau 5.

Le tableau met en évidence les résultats des études évaluant la gymnastique, l'hippothérapie, les activités aérobiques et aquatiques. Ceux-ci sont principalement significatifs en ce qui concerne l'amélioration des compétences motrices. On remarque cependant que l'item de force pour le test BOT-2 est non significatif. Il est à souligner que celui-ci n'est pas travaillé dans les programmes aérobiques. Il en va de même pour les capacités motrices fines, bien qu'elles se soient améliorées avec le programme ICPL.

Concernant les habilités locomotrices évaluées par les tests TGMD-2 et TGMD-3, elles ne se sont pas améliorées pour la réalité virtuelle et les activités aérobiques chez des enfants âgés de 3 à 5 ans. On observe pourtant que pour cette même catégorie d'exercice chez des enfants plus âgés, il y a une amélioration de cet item. Cette amélioration est également constatée pour le programme d'activités aquatiques.

Ces résultats sont surprenants, car une prise en charge plus précoce permettrait d'obtenir de meilleurs résultats. En effet, plus l'enfant est jeune, plus la plasticité cérébrale est meilleure (Schiffmann, 2001). Ces opportunités précoces créeraient des connexions neuronales qui peuvent être renforcées par l'enseignement et la pratique. Au fur et à mesure que les enfants acquièrent des compétences motrices de base, les connexions se renforcent. Étant donné que les enfants atteints du spectre autistique ont moins d'opportunités d'acquérir ces compétences, il est crucial d'intervenir précocement dans le développement (Ketcheson *et al*, 2023).

Les principaux résultats non significatifs (BOT-2, GARS-2, PEDI, TGMD) sont surtout associés à VR suggérant ainsi que cette dernière ne favorise pas le développement moteur des enfants TSA. Cela pourrait s'expliquer par un manque

d'intensité concernant la durée et le contenu des séances. La durée des séances était de minimum 10 minutes, ce qui est assez court pour induire une augmentation des capacités cardio-respiratoire. De plus, le contenu des séances était d'intensité faible à très faible, les mouvements sont répétitifs et de petites amplitudes. Ces deux conditions ne permettent pas d'atteindre les recommandations d'activité physique pour les enfants en âge d'aller à l'école : une heure d'activité modérée à vigoureuse par jour (Chaput *et al*, 2020).

Même si les résultats ne montrent pas d'amélioration des scores de compétence motrice, les différentes études montrent une amélioration de la perception de compétence motrice et de la motivation. Cela permettrait d'améliorer leur engagement dans de nouvelles activités, ce qui pourrait, dans un second temps, augmenter les niveaux d'activité physique et favoriser l'acquisition de compétences réelles. Il est à souligner également que l'aspect motivationnel est essentiel dans l'acquisition de nouvelles compétences. Il représente un défi pour cette population d'enfants TSA en vue de leurs intérêts restreints. La VR offre un cadre ludique et flexible qui a tendance à l'encourager.

Cet aspect motivationnel se retrouve dans toutes les catégories de sport étudiées. Il a été décrit par Stodden *et al*. dans le modèle conceptuel d'une spirale positive d'engagement. Selon eux, la participation de l'enfant à de l'activité physique a un impact sur le développement de ses compétences motrices, ce qui accroît les perceptions de ses compétences et, par conséquent, encourage davantage la participation à cette activité, ce qui améliore leur compétence de mouvement (Stodden *et al*, 2008).

La participation à de nouvelles activités peut également être encouragée par des activités inclusives impliquant à la fois des enfants neurotypiques et des enfants TSA. En effet, ce type d'intervention semble réduire les craintes des enfants neurotypiques à l'égard des enfants TSA. Cette diminution de l'anxiété et l'amélioration de la communication permettent aux enfants TSA de participer aux jeux et aux activités physiques avec les enfants neurotypiques.

Ce résultat pourrait être mieux expliqué par la théorie du contact (Tripp *et al*, 1995) qui s'explique à la fois par la fréquence et la qualité du contact social qui est essentiel afin d'améliorer la compréhension mutuelle et l'acceptation.

Au-delà du développement des compétences motrices, les activités sportives ont un impact positif sur les différentes caractéristiques du TSA. Ces caractéristiques comprennent la réciprocité, la communication (verbale et non verbale), le relationnel, le comportement et les langages stéréotypés, l'intolérance aux changements, les intérêts restreints ainsi que l'hyper/hyporéactivité aux stimulations sensorielles. L'activité aérobique et l'hippothérapie sont ressorties comme ayant un impact positif plus marqué sur ces différentes caractéristiques. Contrairement à la VR qui ne travaille pas les aspects de réciprocité, de communication et de relationnel. La gymnastique et les activités aquatiques présentent les mêmes aspects positifs dans le développement global de l'enfant.

### **Les limites et perspectives :**

Bien que les différents sports présentent plusieurs aspects positifs dans le développement global de l'enfant TSA, ceux-ci ont également des limites. Tout d'abord l'aspect financier et logistique des activités telles que l'hippothérapie et l'hydrothérapie. Ces interventions requièrent des infrastructures spécifiques et du personnel qualifié dans la technique sportive, mais également dans l'encadrement de personnes TSA. Dans la même optique, la réalité virtuelle a souvent été décrite par les parents comme trop coûteux et demandant un espace assez important afin d'être intégré de manière permanente dans leur foyer. Bien que la VR ne demande pas d'instructeur spécialisé, elle ne permet pas non plus de recevoir des feedbacks personnalisés, des suivis de progression et ne permet pas de développer les interactions sociales que ce soit avec l'entraîneur ou avec ses pairs. Cependant, il offre un environnement plus flexible et lorsque les enfants ne ressentent pas de contrainte dans le jeu il tend à être plus efficace.

A contrario, les activités de types aérobiques, aquatiques et la gymnastique offrent un environnement plus encadré et règlementé. Ce qui peut engendrer des

frustrations et de la colère, mais permet des feedbacks et des interactions sociales. Les activités collectives demandent une adaptation supplémentaire pour les enfants TSA, car ils rencontrent des difficultés à comprendre et respecter les règles de société. La communication entre eux peut s'avérer difficile et conflictuelle.

Une autre difficulté rencontrée par les enfants TSA est le niveau d'attention sociale et celui-ci semble influencer directement l'acquisition des habiletés motrices. Certains enfants bénéficient d'une attention sociale plus élevée au début de l'intervention. Cela pourrait expliquer les disparités en termes de gain moteur observé chez différents enfants (Ketcheson *et al.*, 2023).

Les études incluses dans le mémoire présentent des échantillons restreints, variant de 7 à 49 participants. Cette limitation peut compromettre la généralisation des résultats à l'ensemble de la population TSA, rendant leur interprétation globale moins fiable.

Les résultats obtenus par l'équation de recherche mettent en évidence qu'il existe un manque d'études longitudinales qui examinent les effets à long terme de la pratique régulière d'activité physique. Cette lacune dans la littérature offre une perspective de recherche intéressante pour l'avenir. En effet, comprendre comment l'engagement dans des activités physiques au fil du temps influence le développement et le bien-être des individus atteints de TSA pourrait fournir des informations précieuses pour guider les interventions et les programmes dans ce domaine.

## V. Conclusion

Il est reconnu aujourd'hui que les enfants porteurs de TSA présentent des troubles moteurs tels que des troubles du tonus, de la marche, du contrôle postural, la latéralité, des habiletés motrices et des stéréotypies motrices. Ces caractéristiques limitent la participation à une pratique d'activité physique entraînant un mode de vie plus sédentaire amenant des complications médicales. Différentes études ont été sélectionnées afin d'évaluer l'impact de l'activité physique sur le développement moteur des enfants TSA. Les différents sports étudiés sont les activités aérobiques, réalité virtuelle, gymnastique, activités aquatiques et hippothérapie.

Les résultats ont montré un effet significativement positif en termes de développement moteur pour toutes les activités physiques sauf pour la réalité virtuelle.

Ces diverses études ont également démontré que l'activité physique avait un effet bénéfique bien au-delà des seuls comportements moteurs. Elle contribue également à améliorer les caractéristiques de l'autisme telles que la réciprocité, la communication, les comportements et langages stéréotypés, l'intolérance au changement, les intérêts restreints, ainsi que l'hypo/hyper réactivité aux stimuli sensoriels.

En conclusion, la pratique d'activité physique améliore la condition globale de l'enfant TSA. La réalité virtuelle, n'améliorant pas le développement moteur, peut être envisagée comme un facteur motivationnel à l'ouverture de nouvelles perspectives d'activités physiques. Elle devrait être combinée à d'autre pratique d'activité physique. À la suite des résultats, il est indiqué, pour les enfants TSA, de pratiquer une activité physique régulière.

## Annexes

### **Annexe 1 : signes évocateurs chez les enfants à risque de trouble du spectre de l'autisme**

<b>Âge</b>	<b>Présentation clinique</b>
<b>De 6 à 12 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caractère réduit ou limité des sourires ou des autres expressions joyeuses orientés vers les autres</li><li>• Contacts visuels limités ou inexistants</li><li>• Partage réciproque limité des sons, des sourires ou des expressions faciales</li><li>• Gazouillement ou gestes (p. ex., pointer, atteindre, agiter la main pour dire « au revoir ») réduits, atypiques ou inexistants</li><li>• Réponse limitée à son nom</li></ul>
<b>De 9 à 12 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Émergence de comportements répétitifs (p. ex., tourner sur soi-même ou aligner des objets)</li><li>• Jeux inhabituels (p. ex., exploration visuelle ou tactile intense des jouets)</li></ul>
<b>De 12 à 18 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Incapacité de dire des mots</li><li>• Absence de gestes compensatoires (comme pointer)</li><li>• Absence de jeux imaginaires (faire semblant)</li><li>• Déficit de l'attention conjointe (initiation ou réponse à un intérêt ou partage d'un intérêt)</li></ul>
<b>De 15 à 24 mois</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combinaison de deux mots significatifs limitée, atypique, non spontanée ou incohérente</li></ul>
<b>Tout âge</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Inquiétude des parents ou d'autres personnes qui s'occupent de l'enfant quant à la possibilité de TSA</li></ul>
<b>Tout âge</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Régression du développement (perte de capacités) : réduction de la fréquence ou perte des comportements sociaux (p. ex., diriger son regard vers les autres) et de la communication (paroles et gestes) par rapport à un plus jeune âge</li></ul>

Données traduites des références 20 à 24

*TSA trouble du spectre de l'autisme*

## Annexe 2 : Effet de l'intervention sur les compétences motrices fondamentales et la condition physique liée à la santé

	<i>n</i>	Pre <i>M (SD)</i>	Post <i>M (SD)</i>	Change <i>M (SD)</i>	<i>p</i>	<i>d<sub>z</sub></i>
FMS						
Locomotor	25	17.04 (13.81)	17.52 (14.05)	0.48 (5.80)	.683	.083
Ball Skills	25	13.96 (11.90)	19.24 (12.52)	5.28 (5.62)	< .001*	.938
HRPF						
BMI z-score	25	1.11 (1.53)	0.90 (1.65)	-0.20 (0.44)	.027*	.474
Waist-hip ratio	25	1.23 (1.70)	0.83 (0.11)	-0.40 (1.69)	.245	.239
Modified curl ups (#)	25	2.12 (3.41)	3.16 (5.38)	1.04 (3.80)	.184	.273
Isometric push up (s)	25	3.57 (9.36)	8.14 (17.23)	4.57 (9.20)	.020*	.497
Standing long jump (#)	25	35.71 (31.40)	41.92 (40.24)	6.21 (31.55)	.335	.197
20 m PACER (laps)	25	2.28 (1.74)	2.32 (2.10)	0.04 (1.93)	.918	.021

## Annexe 3 : Aperçu descriptif et statistique des performances motrices au début et à la fin de l'intervention

	Mean	SD	<i>t</i> -value	Significance
Ball <sup>a</sup>				
Catching				
Baseline	10.40	3.52		
End	14.32	3.45		
Throwing				
Baseline	7.41	4.54		
End	9.30	2.46		
Sum ball skills				
Baseline	8.9	5.47	-4.302	0.002
End	11.8	4.71		
Balancing one leg; large beam				
Baseline	21.89	4.85		
End	29.93	3.99		
Balancing two legs; moderate beam				
Baseline	33.78	6.45		
End	40.78	5.45		
Sum balancing <sup>b</sup>				
Baseline	27.40	5.82	3.030	0.014
End	35.40	5.71		

### Annexe 4 : Scores moyens au test de Bruininks-Oseretsky au départ, au prétest et au post-test dans les groupes traitements et contrôle

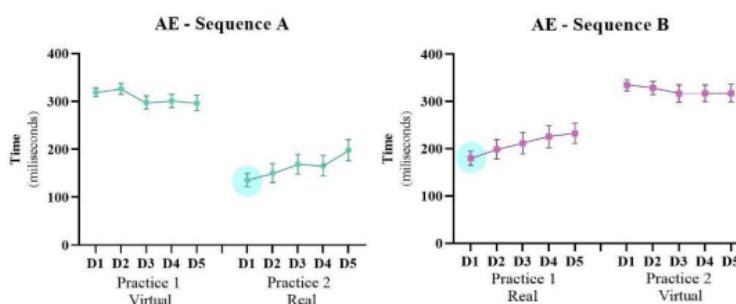
	Group	Mean $\pm$ SD			F coefficient	P value
		Baseline	Pre-test	Post-test		
Static balance	Treatment	2 $\pm$ 2.55	1.41 $\pm$ 2.31	3.41 $\pm$ 2.31	5.18	0.009
	Control	1.35 $\pm$ 2.61	1.64 $\pm$ 1.86	2 $\pm$ 2.14		
Dynamic balance	Treatment	0.91 $\pm$ 1.61	0.58 $\pm$ 0.9	1.75 $\pm$ 0.96	13.91	0.001
	Control	0.5 $\pm$ 0.94	0.5 $\pm$ 0.75	0.28 $\pm$ 0.61		

### Annexe 5 : Aperçu descriptif et statistique des deux approches SPARK et ICPL (moyenne +/- écart-type)

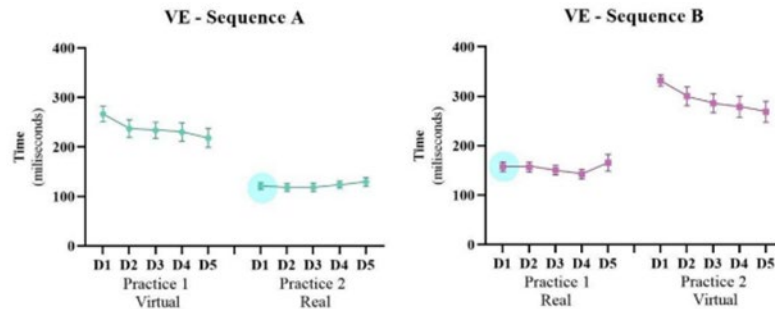
Variables /Groups	Pre-Con	Post-Con	Pre-Ex-Spa	Post-Ex-Spa	Pre-Ex-ICPL	Post-Ex-ICPL
Running and speed and agility	2.44 $\pm$ 1.94	2 $\pm$ 1.58	2.40 $\pm$ 1.50	3.40 $\pm$ 1.57	2.55 $\pm$ 1.86	4.36 $\pm$ 1.50
Balance	4.89 $\pm$ 1.05	5.22 $\pm$ 5.2	4.90 $\pm$ 0.73	9 $\pm$ 1.05	5.27 $\pm$ 1.34	10.36 $\pm$ 1.36
Bilateral coordination	1.67 $\pm$ 1.11	1.67 $\pm$ 1.11	1.50 $\pm$ 0.97	4.20 $\pm$ 1.39	1.55 $\pm$ 1.12	6.45 $\pm$ 1.03
Strength	5.89 $\pm$ 1.61	6.89 $\pm$ 0.78	6.60 $\pm$ 1.26	10 $\pm$ 1.49	6.45 $\pm$ 1.36	11.55 $\pm$ 1.29
Upper limb coordination	0.67 $\pm$ 0.50	0.89 $\pm$ 0.78	0.80 $\pm$ 0.63	6.20 $\pm$ 1.75	0.73 $\pm$ 0.64	9.18 $\pm$ 1.40
Visual motor control	2 $\pm$ 1.11	4.44 $\pm$ 1.94	2.40 $\pm$ 1.07	5.70 $\pm$ 1.76	2.27 $\pm$ 1.00	9.27 $\pm$ 2.10
Upper-limb speed and dexterity	3.11 $\pm$ 0.78	7.11 $\pm$ 0.78	3.70 $\pm$ 1.16	8.20 $\pm$ 1.61	3.64 $\pm$ 1.20	13.36 $\pm$ 2.24
Gross skill	14.89 $\pm$ 3.25	15.67 $\pm$ 2.91	15.30 $\pm$ 2.54	26.60 $\pm$ 3.71	15.82 $\pm$ 2.56	32.55 $\pm$ 1.69
Fine skill	5.44 $\pm$ 0.88	11.67 $\pm$ 1.80	5.90 $\pm$ 1.28	13.80 $\pm$ 2.25	5.82 $\pm$ 1.60	22.64 $\pm$ 3.93
Motor skill	21 $\pm$ 3.70	28.22 $\pm$ 3.59	26 $\pm$ 3.26	46.70 $\pm$ 5.03	22.36 $\pm$ 3.17	64.36 $\pm$ 4.45

Pre-con : prétest contrôle – post-con : post-test contrôle – pre-ex-spa : pre-test spark – post-ex-spa : post-test spark – pre-ex-icpl : Pré-test Icpl – post-ex-icpl : post-test Icpl

### Annexe 6 : Représentation de la moyenne et de l'erreur standard de l'erreur absolue (AE) des deux séquences (A : virtuel $\rightarrow$ réel et B : réel $\rightarrow$ virtuel) au cours des 10 jours d'intervention.



**Annexe 7 : Représentation de la moyenne et de l'erreur standard de l'erreur variable (VE) des deux séquences (A : virtuel → réel et B : réel → virtuel) au cours des 10 jours d'intervention.**



**Annexe 8 : Représentation des résultats des scores au TGMD-3, au contrôle d'objets et la perception des compétences de contrôle d'objets.**

Measure	Pre	Post	<i>p</i>
<b>TGMD-3</b>			
Two-hand strike	6.91 ± 1.30	6.64 ± 1.96	—
Forehand strike	3.36 ± 2.20	4.18 ± 2.48	—
Stationary dribble	2.27 ± 1.85	2.09 ± 1.76	—
Catch	3.82 ± 1.33	3.09 ± 1.38	—
Kick	3.36 ± 1.70	3.82 ± 1.25	—
Overhand throw	2.91 ± 2.12	2.64 ± 2.69	—
Underhand throw	5.00 ± 1.61	5.45 ± 1.37	—
Subscale total	27.45 ± 7.50	27.90 ± 7.75	0.798
<b>Golf skills</b>			
Golf swing	6.46 ± 1.81	5.18 ± 1.54	—
Golf putt	6.27 ± 2.80	8.18 ± 1.99	—
Subscale total	12.73 ± 3.98	13.36 ± 2.38	0.382
Overall OC skills	40.36 ± 10.99	41.27 ± 9.12	0.563
Perceived OC skills	27.36 ± 3.85	29.45 ± 3.91	0.044

*Abbreviations: TGMD-3 = Test of Gross Motor Development 3, ASD = autism Spectrum Disorder; OC = object control. Seule la perception du contrôle des objets est significative  $p < 0,05$ .*

**Annexe 9 : Résultats des scores obtenus aux différents items de l'échelle  
TGMD-2**

Variable	Test group mean score (SD)	Control group mean score (SD)	P	F
Bilateral coordination	6.40(4.2)	2.19(2.1)	0.001m	1.951
Balance	8.11(2.3)	5.02(1.5)	0.002m	2.342
Speed of running and agility	3.53(2.2)	3.10(0.6)	0.076	3.924
Strength	4.70 4(0.7)	4.63(2.0)	0.121	1.082
Speed of reaction/response	21.0(5.3)	20.80(3.9)	0.016	8.560
Speed and agility of the upper limb	6.58(1.4)	4.11(0.2)	0.008m	11.019

*Résultats significatifs  $p < 0,05$  pour les items de coordination bilatérale, équilibre, vitesse de réaction et vitesse et agilité du membre supérieur.*

**Annexe 10 : Résultats des sessions de neuf semaines via le WOTA 1 par participant**

Participant	WOTA-1ST SCORE	WOTA-9TH SCORE	WOTA Changes in Scores	Greater Than MDC?
1	20	38	18	Yes
2	27	45	18	Yes
3	55	60	5	Yes
4	56	60	4	No
5	44	58	14	Yes
6	19	44	25	Yes
7	43	57	14	Yes

MDC for WOTA 1 = 4.2. MDC = minimal detectable change, WOTA = water orientation test.

*Le changement minimal détectable (MDC) = 4.2 pour le WOTA*

**Annexe 11 : Scores totaux du GMFM avant et après l'intervention (%) par participants**

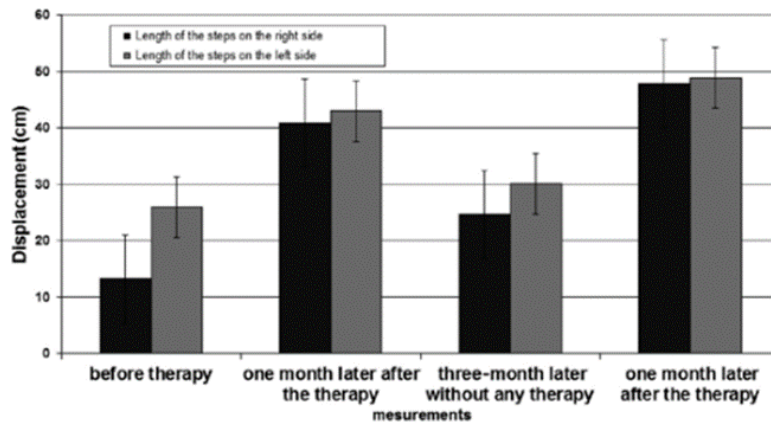
P	Before (%)	After (%)	Deference (%)
1	72.6	81.9	9.3
2	57.3	70	12.7
3	89.9	98	8.1
4	92.3	98	5.7
5	93.3	99	5.7
6	62.1	68	5.9
7	63	66.5	3.5

**Annexe 12 : Résultat (moyenne +/- écart-type) au TGMD-2 avant et après l'intervention de 8 semaines**

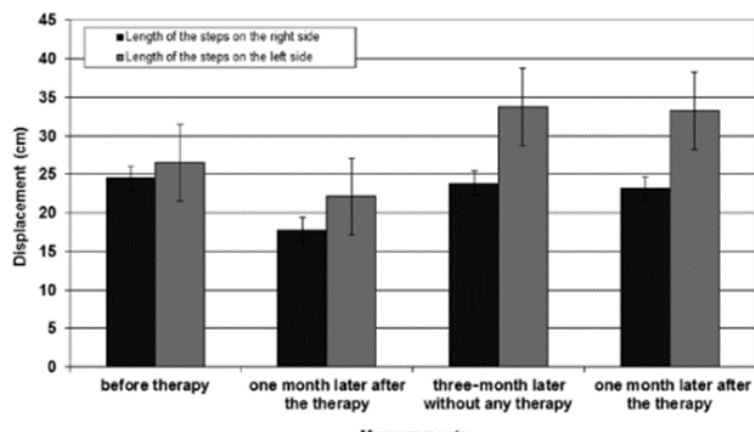
Variables	Group	T1	T2	ES	CI 95%
LoS scores	TAT	6.75 ± 1.75	11.0 ± 2.0 †‡	2.260	3.35-5.15
	GAT	4.0 ± 2.73	8.5 ± 2.56 †‡	2.928	3.60-5.40
	CONT	3.8 ± 2.64	4.0 ± 1.55	-	-
CoS scores	TAT	7.0 ± 3.66	13.0 ± 2.33 †‡	1.952	4.94-7.06
	GAT	4.38 ± 3.42	12.75 ± 3.15 †‡	2.547	7.32-9.43
	CONT	5.5 ± 3.0	6.7 ± 3.1	-	-
EmR scores	TAT	27.5 ± 3.07	28.13 ± 3.0 †	0.206	0.05-1.20
	GAT	27.5 ± 3.07	28.63 ± 2.92 †	0.385	0.55-1.70
	CONT	26.33 ± 2.42	27.17 ± 2.4 †	0.346	0.17-1.50
L/N scores	TAT	25.5 ± 3.17	24.0 ± 3.51 †	0.455	0.45-2.55
	GAT	24.63 ± 3.29	23.38 ± 3.29 †	0.380	0.20-2.30
	CONT	24.5 ± 3.45	24.33 ± 3.01	-	-
Ster scores	TAT	31.63 ± 5.32	28.25 ± 5.37 †	0.632	2.60-4.15
	GAT	34.63 ± 4.53	30.63 ± 4.47 †	0.889	3.23-4.77
	CONT	32.17 ± 3.87	30.0 ± 3.69 †	0.573	1.27-3.06

*Les valeurs sont les moyennes +/- écart-type ; LoS = habilité locomotrice ; CoS = compétences en matière de contrôle ; EmR = régulation des émotions ; L/N = labilité/négativité ; Ster = stéréotypie ; TAT = programme technique d'activité aquatique ; GAT = programme aquatique basé sur le jeu ; Cont = contrôle p<0,05 est significatif et marqué par une croix.*

**Annexe 13 : résultats de l'analyse de marche sur la longueur du cycle de marche pour le groupe expérimental (hippothérapie) et le groupe contrôle.**



*Résultats du groupe expérimental : les scores ont été analysés pour le côté droit et gauche séparément.*



*Résultats du groupe contrôle : les scores ont été analysés pour le côté droit et gauche séparément.*

## Bibliographie

- Annett, M. (1999). The theory of an agnostic right shift gene in schizophrenia and autism. *Schizophrenia Research*, 39(3), 177-182. [https://doi.org/10.1016/S0920-9964\(99\)00072-9](https://doi.org/10.1016/S0920-9964(99)00072-9)
- Autisme et psychomotricité*. (2023, novembre 2). De Boeck Supérieur. <https://www.deboecksuperieur.com/ouvrage/9782807320260-autisme-et-psychomotricite>
- Barbeau, E. B., Meilleur, A.-A. S., Zeffiro, T. A., & Mottron, L. (2015). Comparing Motor Skills in Autism Spectrum Individuals With and Without Speech Delay. *Autism Research: Official Journal of the International Society for Autism Research*, 8(6), 682-693. <https://doi.org/10.1002/aur.1483>
- Bhat, A. N., Landa, R. J., & Galloway, J. C. (Cole). (2011). Current Perspectives on Motor Functioning in Infants, Children, and Adults With Autism Spectrum Disorders. *Physical Therapy*, 91(7), 1116-1129. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100294>
- Brand, S., Jossen, S., Holsboer-Trachslar, E., Pühse, U., & Gerber, M. (2015). Impact of aerobic exercise on sleep and motor skills in children with autism spectrum disorders—A pilot study. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 11, 1911-1920. <https://doi.org/10.2147/NDT.S85650>
- Brisson, J., Warreyn, P., Serres, J., Foussier, S., & Adrien-Louis, J. (2012). Motor anticipation failure in infants with autism : A retrospective analysis of feeding situations. *Autism*, 16(4), 420-429. <https://doi.org/10.1177/1362361311423385>
- Chaput, J.-P., Willumsen, J., Bull, F., Chou, R., Ekelund, U., Firth, J., Jago, R., Ortega, F. B., & 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), 141. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-01037-z>
- Crocq, M.-A., & Guelfi, J.-D. (2015). *DSM-5 : Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (5e éd). Elsevier Masson.
- Edwards, J., Jeffrey, S., May, T., Rinehart, N. J., & Barnett, L. M. (2017). Does playing a sports active video game improve object control skills of children with autism spectrum disorder? *Journal of Sport and Health Science*, 6(1), 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.09.004>
- Esposito, G., Venuti, P., Maestro, S., & Muratori, F. (2009). An exploration of symmetry in early autism spectrum disorders : Analysis of lying. *Brain*

*and Development*, 31(2), 131-138.  
<https://doi.org/10.1016/j.braindev.2008.04.005>

- Forti, S., Valli, A., Perego, P., Nobile, M., Crippa, A., & Molteni, M. (2011). Motor planning and control in autism. A kinematic analysis of preschool children. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 5(2), 834-842. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.09.013>
- Garcin, N. (2013). Garcin, N. & Moxness, K. (2013) Le DSM-5 : L'impact de la recherche sur l'évolution des concepts et des définitions du trouble du spectre de l'autisme, du trouble de la communication sociale, de la déficience intellectuelle et des retards globaux du développement. CNRIS. Magazine déficience intellectuelle et troubles envahissants du développement. Volume 5, Numéro 1. p. 4 -11. *Revue CNRIS*, 5, 4-11.
- Glazebrook, C. M., Elliott, D., & Lyons, J. (2006). A kinematic analysis of how young adults with and without autism plan and control goal-directed movements. *Motor Control*, 10(3), 244-264. <https://doi.org/10.1123/mcj.10.3.244>
- Gowen, E., & Hamilton, A. (2013). Motor abilities in autism : A review using a computational context. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 43(2), 323-344. <https://doi.org/10.1007/s10803-012-1574-0>
- Hassani, F., Shahrbanian, S., Shahidi, S. H., & Sheikh, M. (2022). Playing games can improve physical performance in children with autism. *International Journal of Developmental Disabilities*, 68(2), 219-226. <https://doi.org/10.1080/20473869.2020.1752995>
- Hassani, M. K., & Al-Mallak, M. K. (2019). *Arginine supplementation prevent diabetic mellitus complications on myopathy and visceral organs (liver&pancreas)in experimental model*. 1294(6). Scopus. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1294/6/062106>
- Hocking, D. R., Ardan, A., Abu-Rayya, H. M., Farhat, H., Andoni, A., Lenroot, R., & Kachnowski, S. (2022). Feasibility of a virtual reality-based exercise intervention and low-cost motion tracking method for estimation of motor proficiency in youth with autism spectrum disorder. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 19(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00978-1>
- Jansiewicz, E. M., Goldberg, M. C., Newschaffer, C. J., Denckla, M. B., Landa, R., & Mostofsky, S. H. (2006). Motor Signs Distinguish Children with High Functioning Autism and Asperger's Syndrome from Controls. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 36(5), 613-621. <https://doi.org/10.1007/s10803-006-0109-y>
- Ketcheson, L., Staples, K., Pitchford, E. A., & Loetzner, F. (2023). Promoting Positive Health Outcomes in an Urban Community-Based Physical Activity Intervention for Preschool Aged Children on the Autism

- Spectrum. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 53(2), 633-647. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-04871-7>
- Lang, R., Koegel, L. K., Ashbaugh, K., Regester, A., Ence, W., & Smith, W. (2010). Physical exercise and individuals with autism spectrum disorders : A systematic review. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 4(4), 565-576. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2010.01.006>
- Loomes, R., Hull, L., & Mandy, W. P. L. (2017). What Is the Male-to-Female Ratio in Autism Spectrum Disorder? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 56(6), 466-474. <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2017.03.013>
- Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. *The Lancet*, 392(10146), 508-520. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)
- Marzouki, H., Soussi, B., Selmi, O., Hajji, Y., Marsigliante, S., Bouhleb, E., Muscella, A., Weiss, K., & Knechtle, B. (2022). Effects of Aquatic Training in Children with Autism Spectrum Disorder. *Biology*, 11(5), 657. <https://doi.org/10.3390/biology11050657>
- Masson, E. (s. d.). *Sport et autisme*. EM-Consulte. Consulté 2 avril 2024, à l'adresse <https://www.em-consulte.com/article/52244/sport-et-autisme>
- Moraes, Í. A. P., Lima, J. A., Silva, N. M., Simcsik, A. O., Silveira, A. C., Menezes, L. D. C., Araújo, L. V., Crocetta, T. B., Voos, M. C., Tonks, J., Silva, T. D., Dawes, H., & Monteiro, C. B. M. (2022). Effect of Longitudinal Practice in Real and Virtual Environments on Motor Performance, Physical Activity and Enjoyment in People with Autism Spectrum Disorder : A Prospective Randomized Crossover Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14668. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214668>
- Najafabadi, M. G., Sheikh, M., Hemayattalab, R., Memari, A.-H., Aderyani, M. R., & Hafizi, S. (2018). The effect of SPARK on social and motor skills of children with autism. *Pediatrics and Neonatology*, 59(5), 481-487. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2017.12.005>
- Pan, C.-Y. (2008). Objectively measured physical activity between children with autism spectrum disorders and children without disabilities during inclusive recess settings in Taiwan. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 38(7), 1292-1301. <https://doi.org/10.1007/s10803-007-0518-6>
- Risch, N., Hoffmann, T. J., Anderson, M., Croen, L. A., Grether, J. K., & Windham, G. C. (2014). Familial recurrence of autism spectrum disorder : Evaluating genetic and environmental contributions. *The*

- American Journal of Psychiatry*, 171(11), 1206-1213.  
<https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2014.13101359>
- Rogers, S. J., & Dawson, G. (2020). Introduction. In *L'intervention précoce en autisme* (p. 1-6). Dunod. <https://www.cairn.info/l-intervention-precoce-en-autisme--9782100808151-p-1.htm>
- Sansi, A., Nalbant, S., & Ozer, D. (2021). Effects of an Inclusive Physical Activity Program on the Motor Skills, Social Skills and Attitudes of Students with and without Autism Spectrum Disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 51(7), 2254-2270.  
<https://doi.org/10.1007/s10803-020-04693-z>
- Schiffmann, S. N. (2001). Le cerveau en constante reconstruction : Le concept de plasticité cérébrale. *Cahiers de psychologie clinique*, 16(1), 11-23.  
<https://doi.org/10.3917/cpc.016.0011>
- Sharma, S. R., Gonda, X., & Tarazi, F. I. (2018). Autism Spectrum Disorder : Classification, diagnosis and therapy. *Pharmacology & Therapeutics*, 190, 91-104. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2018.05.007>
- Steiner, H., & Kertesz, Z. (2015). Effects of therapeutic horse riding on gait cycle parameters and some aspects of behavior of children with autism. *Acta Physiologica Hungarica*, 102(3), 324-335.  
<https://doi.org/10.1556/036.102.2015.3.10>
- Stodden, D. F., Goodway, J. D., Langendorfer, S. J., Roberton, M. A., Rudisill, M. E., Garcia, C., & 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.  
<https://doi.org/10.1080/00336297.2008.10483582>
- Tripp, A., French, R., & Sherrill, C. (1995). Contact Theory and Attitudes of Children in Physical Education Programs Toward Peers with Disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 12(4), 323-332.  
<https://doi.org/10.1123/apaq.12.4.323>
- Vodakova, E., Chatziioannou, D., Jesina, O., & Kudlacek, M. (2022). The Effect of Halliwick Method on Aquatic Skills of Children with Autism Spectrum Disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 16250. <https://doi.org/10.3390/ijerph192316250>
- Volkmar, F., Siegel, M., Woodbury-Smith, M., King, B., McCracken, J., State, M., & American Academy of Child and Adolescent Psychiatry (AACAP) Committee on Quality Issues (CQI). (2014). Practice parameter for the assessment and treatment of children and adolescents with autism spectrum disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 53(2), 237-257.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaac.2013.10.013>

- Wilson, R. B., Enticott, P. G., & Rinehart, N. J. (2018). Motor development and delay : Advances in assessment of motor skills in autism spectrum disorders. *Current Opinion in Neurology*, 31(2), 134. <https://doi.org/10.1097/WCO.0000000000000541>
- Zamani, A., Talab, R., Sheikh, M., & Torabi, F. (2017). The Effect of Gymnastic Exercises on Motor Skills in Autistic Children. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 8, 99. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2017.00322.9>
- Zampella, C. J., Wang, L. A. L., Haley, M., Hutchinson, A. G., & de Marchena, A. (2021). Motor Skill Differences in Autism Spectrum Disorder : A Clinically Focused Review. *Current Psychiatry Reports*, 23(10), 64. <https://doi.org/10.1007/s11920-021-01280-6>
- Zwaigenbaum, L., Brian, J. A., & Ip, A. (2019). Le dépistage précoce du trouble du spectre de l'autisme chez les jeunes enfants. *Paediatrics & Child Health*, 24(7), 433-443. <https://doi.org/10.1093/pch/pxz120>



**Introduction :** Il est actuellement reconnu que les enfants atteints de TSA ont un retard dans leur développement moteur, entraînant une diminution de l'activité physique et augmentant les risques pour leur santé. L'exercice physique offre une solution pour développer les compétences sensori-motrices, communicationnelles et sociales de ces enfants, tout en favorisant le plaisir et la confiance en soi. Ainsi, ce mémoire vise à synthétiser la littérature sur l'effet de l'activité physique sur le développement moteur des enfants atteints de TSA.

**Méthode :** La méthodologie adoptée pour l'élaboration de ce mémoire a impliqué une recherche à l'aide d'une équation de recherche établie selon les critères PICO dans diverses bases de données, telles que Embase, Pubmed et Google Scholar. Suite à une analyse et un tri des articles obtenus, 11 d'entre eux ont été sélectionnés pour le développement de nos résultats.

**Résultats :** L'analyse des études révèle que la gymnastique, l'hippothérapie, les activités aérobiques et aquatiques ont des effets significatifs sur les compétences motrices des enfants TSA. La réalité virtuelle quant à elle ne semble pas efficace. Cependant, elle semblerait avoir un impact positif sur la motivation et la perception de compétence chez ces enfants. De plus, les différentes activités sportives étudiées ont montré un impact positif sur d'autres caractéristiques du trouble autistique.

**Conclusion :** Les études ont montré des effets positifs pour la plupart des activités, à l'exception de la réalité virtuelle. Ainsi, la pratique régulière d'activité physique est recommandée pour les enfants TSA, la réalité virtuelle pouvant être utilisée comme un facteur motivationnel complémentaire.