

Institut de formation en Masso-Kinésithérapie La Musse



<https://medium.com/random-awesome/these-are-7-important-parenting-lessons-ive-learned-over-the-years-2f6972a69b>

Influence de l'activité physique sur l'équilibre des enfants atteints de Troubles du Spectre de l'Autisme : une revue systématique

Floriane Patureaux

Teresa Martinez Maestre

Promotion 2018-2022

Chartre anti-plagiat



Charte anti-plagiat de la Direction régionale et départementale de la Jeunesse, des sports et de la Cohésion sociale de Normandie

La Direction Régionale et Départementale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion sociale délivre sous l'autorité du Préfet de région les diplômes de travail social et professions de santé non médicales et sous l'autorité du Ministre chargé des sports les diplômes du champ du sport et de l'animation. Elle est également garante de la qualité des enseignements délivrés dans les dispositifs de formation préparant à l'obtention des diplômes des champs du travail social, de l'animation et du sport. C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue que les directives suivantes sont formulées à l'endroit des étudiants et stagiaires en formation.

Article 1 :

« Le plagiat consiste à insérer dans tout travail, écrit ou oral, des formulations, phrases, passages, images, en les faisant passer pour siens. Le plagiat est réalisé de la part de l'auteur du travail (devenu le plagiaire) par l'omission de la référence correcte aux textes ou aux idées d'autrui et à leur source »ⁱ.

Article 2 :

Tout étudiant, tout stagiaire s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté(e) ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 3 :

Le plagiaire s'expose aux procédures disciplinaires prévues au règlement de fonctionnement de l'établissement de formation. En application du Code de l'éducationⁱⁱ et du Code pénalⁱⁱⁱ, il s'expose également aux poursuites et peines pénales que la DRDJSCS est en droit d'engager. Cette exposition vaut également pour tout complice du délit.

Article 4 :

Tout étudiant et stagiaire s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, cette charte dûment signée qui vaut engagement :

Je soussigné-e Floriane Patureaux

atteste avoir pris connaissance de la charte anti plagiat élaborée par la DRDJSCS de Normandie et de m'y être conformé-e.

Et certifie que le mémoire/dossier présenté étant le fruit de mon travail personnel, je veillerai à ce qu'il ne puisse être cité sans respect des principes de cette charte

Fait à Évreux

Le 01/05/2022

signature

ⁱ Site Université de Genève <http://www.unige.ch/ses/telecharger/unige/directive-PLAGIAT-19092011.pdf>

ⁱⁱ Article L331-3 du Code de l'éducation : « les fraudes commises dans les examens et les concours publics qui ont pour objet l'acquisition d'un diplôme délivré par l'Etat sont réprimées dans les conditions fixées par la loi du 23 décembre 1901 réprimant les fraudes dans les examens et concours publics ».

ⁱⁱⁱ Articles 121-6 et 121-7 du Code pénal.

Remerciements

J'adresse avant tout mes plus grands remerciements à ma directrice de mémoire, Madame MARTINEZ MAESTRE Teresa pour sa patience, sa disponibilité, sa pédagogie et ses précieux conseils.

Je tiens également à remercier Madame COLLET Mathilde, Monsieur LAMORA Jean-Philippe et Monsieur POMMIER Pierre pour leur soutien durant ces quatre dernières années, leur écoute et leurs conseils avisés.

Merci à ma famille pour tout l'amour qu'elle m'apporte au quotidien.

Merci à mes amis, Angèle, Willy, Coline, Benoît, Mathilde, Victor et Inès pour leur soutien infailible, leur relecture et surtout le plaisir de ces années passées à leur côté.

Merci à Louis d'avoir toujours cru en moi et d'être aussi présent à mes côtés.

Enfin, je remercie l'adorable Aymerick qui fut mon inspiration pour ce travail.

Sommaire

Résumé	1
Abstract	2
I. INTRODUCTION	3
I.1. Les troubles du spectre de l'autisme	3
I.1.1. Déficit de la communication et des interactions sociales.....	4
I.1.2. Caractères restreints et répétitifs	5
I.1.3. Autres troubles associés aux troubles du spectre de l'autisme.....	6
I.1.4. Diagnostic.....	6
I.2. L'équilibre	7
I.3. L'activité physique	9
I.3.1. L'activité physique chez l'enfant lambda.....	10
I.3.2. L'activité physique et Troubles du Spectre de l'Autisme	11
I.4 Problématique	12
II. MÉTHODE	14
II.1. Critères d'éligibilité	14
II.1.1. Type de population.....	14
II.1.2. Type d'intervention.....	14
II.1.3. Type de comparaison.....	14
II.1.4. Type de critères de jugement.....	15
II.1.5. Type d'étude	15
II.2. Bases de données	15
II.3. Équation de recherche	16
II.4. Sélection des articles	19
II.5. Collecte des données	19
II.6. Outils d'évaluation	20
II.6.1. Évaluation de l'équilibre.....	20
II.6.2. Évaluation des capacités d'interaction sociale	22
II.7. Évaluation du risque de biais	24
II.8. Évaluation du niveau de preuve	25
II.9. Quantification des résultats	26

III. RÉSULTATS	27
III.1. Sélection des articles	27
III.2. Caractéristiques des études	29
III.3. Risque de biais relatif aux études	36
III.3.1. Risque de biais relatifs aux essais contrôlés randomisés	36
III.3.2. Risque de biais relatifs aux essais contrôlés non randomisés	39
III.4. Synthèse des résultats	42
III.4.1. Effets de l'activité physique sur l'équilibre	42
III.4.2. Effets de l'activité physique sur les capacités d'interaction sociale	47
IV. DISCUSSION	50
IV.1. Interprétation des résultats	50
IV.1.1. Amélioration de l'équilibre	50
IV.1.2. Amélioration des capacités d'interaction sociale	53
IV.2. Limites des études	57
IV.3. Limites de la revue systématique	60
IV.4. Perspective de mise en pratique	60
V. CONCLUSION	63
Bibliographie	64

Liste des tableaux

- Tableau 1** : *Équation de recherche selon les bases de données utilisées*
- Tableau 2** : *Niveaux de preuves et grades fournis par la littérature selon la HAS*
- Tableau 3** : *Essais contrôlés randomisés inclus dans l'étude*
- Tableau 4** : *Caractéristiques de la population des ECR inclus*
- Tableau 5** : *Evaluation du risque de biais des ECR selon l'échelle PEDro*
- Tableau 6** : *Risque de biais des études non randomisées selon l'échelle MINORS*
- Tableau 7** : *Résultats des études : équilibre statique*
- Tableau 8** : *Résultats des études : équilibre dynamique*
- Tableau 9** : *Résultats des études : équilibre général*
- Tableau 10** : *Résultats des études : capacités d'interaction sociale*

Liste des figures

- Figure 1** : *Critères diagnostiques selon la DSM-V*
- Figure 2** : *Récapitulatif des mots clés de l'équation de recherche*
- Figure 3** : *Diagramme de flux*
- Figure 4** : *Risque de biais à travers l'ensemble des études et par items de l'échelle PEDro*
- Figure 5** : *Risque de biais à travers l'ensemble des études et par items de l'échelle MINORS*

Résumé

Introduction : Les Troubles du Spectre de l'Autisme sont un ensemble de troubles du neurodéveloppement débutant dans la petite enfance et entraînant une altération de nombreuses capacités motrices, cognitives et sociales. Il est maintenant avéré que les enfants atteints de ces troubles présentent des problèmes de l'équilibre, perturbant l'acquisition de capacités motrices indispensables à leur développement. Aujourd'hui, les preuves de l'efficacité de l'activité physique sur la plupart des fonctions motrices des enfants atteints de TSA sont nombreuses, mais aucune revue systématique ne s'est encore intéressée à son impact sur leur équilibre. Ainsi le but de cette revue est d'évaluer l'impact de l'activité physique sur l'équilibre dynamique et statique des enfants atteints de TSA.

Méthode : La réalisation de cette revue s'est basée sur les recommandations PRISMA 2020. La recherche des articles a été effectuée sur les bases de données PubMed, Cochrane Library et PEDro entre octobre 2021 et février 2022. Le risque de biais des études incluses a été défini grâce aux échelles PEDro et MINORS. Dans cette revue deux critères de jugement ont été évalués : l'équilibre dynamique et statique (principal) et les capacités d'interaction sociale (secondaire).

Résultats : Sur 184 références, quatre essais contrôlés randomisés et deux essais contrôlés non randomisés ont été sélectionnés pour intégrer la revue. À cela s'est ajouté un article par le biais d'une sélection en amont. Ces articles étaient pour l'un de niveau 1, pour cinq d'entre eux de niveau 2, et pour le dernier de niveau 4. Les résultats ont très majoritairement montré une amélioration significative des deux critères de jugement ($p < 0,05$).

Conclusion : Cette revue systématique démontre un effet bénéfique de l'activité physique sur les troubles de l'équilibre et les capacités d'interaction sociale des enfants atteints de TSA. Cependant des essais contrôlés randomisés de meilleure qualité méthodologique sont encouragés, d'une part pour confirmer les résultats et d'autre part apporter des preuves sur l'efficacité à long terme de l'intervention.

Mots-clés : trouble du spectre de l'autisme, enfant, activité physique, équilibre.

Abstract

Background: Autism Spectrum Disorder (ASD) is a range of neurodevelopmental disorders beginning in early childhood. ASD leads to impairments in many functions such as motor skills, cognition or socialization. Nowadays, it is known that children suffering from these disorders also have balance impairments, disturbing the acquisition of essential motor skills in their development. Current evidence demonstrates the effectiveness of physical activity in most of motor skills in children with ASD, but no reviews have investigated its effect on balance problems in these children yet. Thus, this review aims to examine the impact of physical activity in static and dynamic balance of children with ASD.

Methods: This review was performed by following the recommendations of PRISMA 2020. Research of studies was carried out using the PubMed, Cochrane Library and PEDro databases between October 2021 and February 2022. The risk of bias of the studies included was evaluated using the PEDro and MINORS scales. Two outcomes were investigated in this review: dynamic and static balance (principal), and social skills (secondary).

Outcomes: Amongst 184 references, four randomized clinical trials and two non-randomized clinical trials were included. In addition, an article was included through a backward citation searching. The level of evidence was level I for one, level II for five of them, and level IV for the last one.

Conclusion: This systematic review demonstrates a beneficial impact of physical activity on balance and social skills of children with ASD. Nevertheless, randomized clinical trials with higher methodological quality are encouraged, in order to confirm results and to provide evidence of the long-term efficacy of the intervention.

Keywords: autistic spectrum disorder, children, physical activity, balance.

I. Introduction

Les **Troubles du Spectre de l'Autisme** (TSA) sont la conséquence d'une altération du neurodéveloppement de l'enfant qui entraîne chez lui un déficit de fonctionnement dans plusieurs aspects de la vie quotidienne, aussi bien sur le plan personnel, physique, social et professionnel (1).

Bien que l'impact sur la vie quotidienne soit variable, allant du trouble de l'apprentissage à une absence totale de compétences sociales, le TSA est reconnu comme un handicap en France depuis 1996. Ce handicap concerne environ 700 000 personnes actuellement dans notre pays, dont 100 000 ont moins de 20 ans (2). Malheureusement les études s'accordent sur la tendance d'augmentation de la prévalence des TSA en France, en raison de l'augmentation et l'amélioration des pratiques de diagnostic et de repérage (3,4).

I.1. Les Troubles du Spectre de l'Autisme (TSA)

Il faudra attendre la cinquième édition du Manuel Diagnostique et Statistique des troubles Mentaux (DSM-V) publiée en mai 2013 pour parler de Troubles du Spectre de l'Autisme, qui remplacent alors les **Troubles Envahissants du Développement**. La DSM-V classe les TSA parmi les **Troubles Neurodéveloppementaux**, soit un ensemble d'affections prenant racine pendant la période de développement de l'enfant. Pour pouvoir établir un diagnostic, elle définit la **dyade autistique** à laquelle le sujet doit obligatoirement répondre et dont les critères sont détaillés en *Annexe 1* (1) :

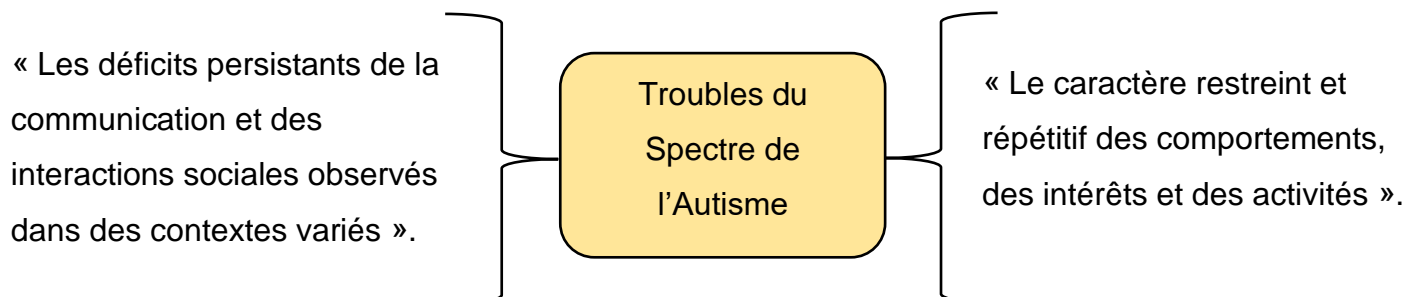


Figure 1 : Critères diagnostiques selon la DSM-V

Le diagnostic se base alors sur les observations du praticien et de l'entourage de l'enfant (famille, enseignants et soignants).

Dans cette nouvelle définition les TSA correspondent à un ensemble de troubles regroupant les anciens termes suivants : autisme infantile précoce, autisme de l'enfance, autisme de Kanner, autisme à haut niveau de fonctionnement, autisme atypique, trouble envahissant du développement non-spécifié, trouble désintégratif de l'enfance et syndrome d'Asperger (1).

I.1.1. Déficiences de la communication et des interactions sociales

Les personnes atteintes de TSA sont souvent repliées sur elles, dans leur monde, et peu accessibles aux autres. Dans ce premier critère de diagnostic, la DSM-V décrit trois symptômes présents chez les personnes atteintes de TSA :

- « Déficit de la réciprocité sociale ou émotionnelle » ;
- « Déficit des comportements de communication non-verbaux utilisés au cours des interactions sociales » ;
- « Déficit du développement, du maintien et de la compréhension des relations » (1).

Les personnes atteintes de TSA ne discernent pas et ne comprennent pas les subtilités des dialogues ou le langage non-verbal (2). Leurs gestes, intonations, ou expressions faciales peuvent alors être incohérents avec le discours, inexistants ou au contraire exagérés. Les réactions face aux émotions de l'autre peuvent sembler inappropriées (un rire face aux larmes de l'interlocuteur). Il est actuellement reconnu que les personnes avec des TSA, notamment les enfants, ont une durée de fixation significativement réduite sur la région des yeux (5). Le contact visuel est donc altéré, entraînant avec lui un manque d'échange et de compréhension des émotions. Ces personnes ont également du mal à suivre une conversation et à l'alimenter si l'environnement est trop stimulant comme trop bruyant ou lumineux.

Au-delà de la communication non-verbale, les TSA entraînent pour une partie (non-majoritaire), des troubles du langage. Alors que certains ne parleront jamais, d'autres auront un retard de l'acquisition de ce dernier, un vocabulaire restreint avec l'utilisation de quelques phrases ou mots isolés, une écholalie, etc. (1,2).

Ce premier critère diagnostic rend compte des altérations du fonctionnement social de la personne atteinte de TSA, allant de la difficulté à alimenter une conversation bidirectionnelle, à l'incapacité d'engager une interaction, voir le désintérêt total pour autrui (1).

I.1.2. Caractères restreint et répétitifs

Comme pour le déficit de la communication et des interactions sociales, la DSM-V décrit 4 symptômes parmi les caractères restreints et répétitifs (1) :

- « Caractère stéréotypé ou répétitif des mouvements, de l'utilisation des objets ou du langage » ;
- « Intolérance au changement, adhésion inflexible à des routines ou des modes comportementaux verbaux ou non verbaux ritualisés. » ;
- « Intérêts extrêmement restreints et fixes, anormaux soit dans leur intensité, soit dans leur but. » ;
- « Hyper ou hyporéactivité aux stimulations sensorielles ou intérêts inhabituel pour les aspects sensoriels de l'environnement. »

Ces éléments peuvent entraîner chez l'enfant l'installation de rituels avec une difficulté à accepter les changements de ces derniers, accompagnée de pensées rigides.

Pour établir le diagnostic, ces symptômes doivent être observables dans le développement précoce de l'enfant. Également, même si comme expliqué par la suite les TSA sont très souvent associés à d'autres troubles, ces symptômes ne doivent pas être mieux expliqués par un autre trouble comme une déficience intellectuelle (1).

À partir de cela, la DSM-V définit trois niveaux de sévérité pour classer l'importance des troubles (1) :

- Niveau 1 : nécessitant de l'aide
- Niveau 2 : nécessitant une aide importante
- Niveau 3 : nécessitant une aide très importante

I.1.3. Autres troubles associés aux troubles du spectre de l'autisme

Les troubles associés aux TSA sont nombreux, parmi lesquels on retrouve :

- **Une déficience intellectuelle** : contrairement aux idées reçues, le TSA n'est pas systématiquement associé à une déficience intellectuelle (quotient intellectuel inférieur à 70). On estime cependant qu'un tiers des personnes avec TSA souffrent également d'une déficience intellectuelle, d'intensité et de gravité très variables (2).
- **Un Trouble déficit de l'attention – hyperactivité** (1).
- **Des troubles sensoriels** avérés, au point de figurer dans la définition et les critères diagnostiques retenus par la DMS-V (1). Il s'agit alors d'hypo- ou d'hyper-réactivité aux stimulations sensorielles telles que le toucher, l'ouïe, l'odorat ou la vue. Selon l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), 90% des enfants avec TSA sont touchés par des problèmes sensoriels (6).
- **Des troubles moteurs** : dyspraxie, troubles de l'équilibre, maladresse, troubles de l'acquisition motrice et de la coordination et autres anomalies motrice (par exemple la marche sur la pointe des pieds) (1,7).
- **Des troubles psychiatriques** comme la dépression ou l'anxiété (2).
- **Des troubles du langage** comme par exemple une absence de langage verbal intelligible, l'utilisation de mots isolés, troubles du rythme, écholalie...(1).
- **De l'épilepsie**: on estime qu'une personne TSA sur 5 est également atteinte d'épilepsie (2).
- **Des troubles du sommeil** (2,8).
- **Des troubles de l'alimentation** : préférences alimentaires très marquées et sélectives (1).

I.1.4. Diagnostic

D'origine multifactorielle, les premières expressions et manifestations des TSA apparaissent le plus souvent entre 18 et 36 mois suivant la gravité des troubles, d'où la part importante d'enfants dans les statistiques (2,9). Ces signes d'altération du neurodéveloppement se poursuivront et évolueront à l'adolescence et à l'âge adulte, même s'ils peuvent se dissimuler derrière des stratégies apprises (1).

En 2018, la Haute Autorité de Santé (HAS) publie de nouvelles recommandations de bonne pratique pour le repérage, le diagnostic et l'évaluation des TSA chez l'enfant et l'adolescent (9). L'inquiétude des parents face au comportement anormal de leur enfant constitue une part importante dans le diagnostic (par exemple un manque d'intérêt pour les interactions sociales, un enfant trop calme ou connaissant une stagnation ou un retard dans le développement). Ce dernier repose ensuite sur le repérage des signes de TSA par les professionnels de santé chez les enfants présentant des signes d'alerte au cours du développement, ou un risque plus élevé de TSA que la population générale (fratrie d'enfants TSA, prématurité, exposition à des facteurs de risques pendant la grossesse, TND dans un contexte d'anomalie génétique ou chromosomique). Les signes d'alertes sont résumés dans *l'Annexe 2*.

Ces définitions rendent compte de l'hétérogénéité importante des tableaux cliniques des TSA, compte tenu des pathologies ou troubles associés comme la présence ou non d'une déficience intellectuelle, et de la sévérité de ces troubles. Il semble alors évident qu'une prise en charge pluridisciplinaire, adaptée et individualisée est indispensable pour aider l'enfant à évoluer au mieux dans son environnement.

I.2. L'équilibre

Lorsque le corps se tient debout, ce dernier est soumis à deux forces majeures :

1. La **force gravitationnelle** aussi appelée « poids », correspondant à l'attraction du sujet par la Terre. Elle est orientée vers le bas et trouve son point d'application au niveau du centre de masse (10).
2. La **force de réaction** au sol s'opposant à celle du poids, orientée vers le haut et empêchant le sujet de chuter sous l'effet de la gravité (10).

À ces deux forces s'additionnent les **forces internes** résultants des mouvements même infimes des différents organes du corps, de la cage thoracique ou encore de la pompe cardiaque, et les **forces externes**, comme le vent ou les forces liées à la réalisation de mouvements par le sujet.

Selon les mathématiciens ou les physiciens, l'équilibre est un état dans lequel la somme des forces s'exerçant sur le sujet est égale à 0. Mais au niveau du corps humain, l'équilibre est respecté si la ligne verticale passant par le centre de masse est comprise à l'intérieur du polygone de sustentation (PS), délimité par la surface de contact avec le sol, c'est-à-dire la distance entre les deux pieds dans le cas où le sujet se tiendrait debout. Lorsque cette ligne se projette à l'extérieur du PS, le sujet est en déséquilibre (10,11).

En pratique, l'équilibre parfait est impossible puisque le corps humain connaît une perpétuelle succession d'états de déséquilibre. Or, contrairement à un objet inanimé, lorsqu'un déséquilibre apparaît le corps humain est capable de détecter la menace et de s'organiser pour la contrer. C'est ce qu'on appelle le **contrôle de l'équilibre**, ou autrement dit le **contrôle postural** (11). Ce dernier peut être défini comme « *l'action de maintenir, d'atteindre, ou de rétablir un état d'équilibre pendant toute posture ou activité* » (11). Ce contrôle postural joue donc un rôle crucial dans la réalisation de nos activités quotidiennes.

Pour conserver une posture en équilibre en dépit des différentes forces qui tendent à la déstabiliser, les muscles ont besoin de développer une activité de base, aussi appelée **tonus musculaire** (10). Pour commander l'action de ces effecteurs, le Système Nerveux Central (SNC) doit recevoir des informations issues de l'environnement ou perçues par le corps, appelées **afférences**. Détectées par les récepteurs sensoriels des différents systèmes du corps humain, ces afférences seront acheminées jusqu'au SNC qui pourra transmettre une commande vers les effecteurs selon son interprétation (12).

Ainsi, même si cela paraît anodin, le maintien de l'équilibre est un mécanisme complexe, rendu possible grâce au bon fonctionnement de trois systèmes (13) :

1. **Le système visuel** permet de donner à l'être humain des repères visuels de verticalité et d'horizontalité. En fonction de leur provenance, les informations issues des visions centrale et périphérique permettent d'avertir le SNC sur les situations pouvant être déstabilisantes, en distinguant par exemple les obstacles à éviter ou les déplacements de l'être humain dans son environnement (14).
2. **Le système vestibulaire**, dont les récepteurs sont situés dans l'appareil vestibulaire de l'oreille interne, renseigne sur les accélérations et décélérations du sujet dans tous les plans de l'espace (10,14).

3. **Le système somatosensoriel ou somatoproprioceptif** regroupe toutes les voies sensorielles en provenance des récepteurs cutanés, tendineux et musculaires. L'accumulation des informations issues de ces propriocepteurs crée une chaîne proprioceptive allant des pieds à la tête. Elle permet de connaître la position des différents segments corporels les uns par rapport aux autres, de se situer par rapport à une surface, et donc d'ajuster la posture en conséquence (10,14).

La coopération de ces trois systèmes permet de garder notre position d'équilibre statique (lorsque le corps est immobile) ou dynamique (lorsque le corps effectue un mouvement), malgré les stimulations et déstabilisations alentours. Tout dysfonctionnement d'un ou plusieurs de ces systèmes, ou tout défaut d'intégration des informations en leur provenance, affectent notre équilibre.

À la vue des troubles sensoriels évoqués précédemment, on comprend que les personnes atteintes de TSA sont, pour la plupart, touchées par ces troubles de l'équilibre. En effet, les personnes avec TSA souffrent d'un déficit de traitement et d'intégration des informations sensori-motrices et sensorielles (6,15), entraînant une instabilité posturale dans plusieurs conditions sensorielles (16). Ce déficit affecte le contrôle postural statique comme dynamique (17). D'après *Bhat et al.*, les enfants en bas âge et d'âge scolaire ont des déficiences importantes dans le contrôle postural par rapport à leurs camarades sains (18). Ils présentent également un balancement postural accru par rapport à leurs pairs au développement typique (19,20).

1.3. L'activité physique

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), l'activité physique est caractérisée par « *tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques qui requiert une dépense d'énergie* » (21). Elle est pratiquée dans différents contextes tels que les loisirs, les transports, les activités domestiques et le travail (22).

Il est possible de classer les niveaux d'activité physique selon les METs (*Metabolic Equivalent of Task*), qui quantifient le niveau de dépense énergétique induite par l'activité,

sachant que 1 MET correspond à l'état de repos. Une activité physique d'intensité modérée sera comprise en 3 et 6 METs. Cela correspond à une augmentation sensible de la fréquence cardiaque, comme la marche d'un pas vif, la danse, le jardinage ou encore les tâches ménagères. Une activité physique d'intensité élevée est caractérisée par un MET supérieur à 6. Elle comprend les activités qui entraînent une accélération franche de la fréquence cardiaque et un raccourcissement du souffle. Cela correspond entre autres à la course, le vélo à vive allure, les activités en aérobic ou encore les jeux en compétition tels que le football et le basketball (22,23).

En plus de son intensité, l'activité physique peut être classée par sa fréquence (quotidienne, hebdomadaire...) et sa durée.

I.3.1. Activité physique chez l'enfant lambda

L'OMS a établi des recommandations sur le volume d'activité physique nécessaire à une bonne santé chez l'enfant (21).

Pour les nourrissons, il est recommandé de stimuler physiquement l'enfant par le biais de jeux interactifs au sol (pour ceux qui ne se déplacent pas encore) et de séances d'au moins 30 minutes en décubitus ventral. Cela passe également par la nécessité d'une durée de sommeil suffisante (entre 12 et 17 heures selon l'âge) et de qualité. De 1 à 4 ans, l'OMS recommande la pratique d'au moins 180 minutes par jour d'activité physique de type et d'intensité variée, dont au moins 60 minutes d'activité modérée à soutenue pour les enfants de 3 à 4 ans. Le seuil passe à une activité modérée à soutenue d'au moins 60 minutes pour les enfants et adolescents de 5 à 17 ans, avec la pratique au moins 3 fois par semaine d'une activité d'endurance soutenue ou de renforcement musculaire et du système osseux. À cet âge, l'activité physique englobe notamment « le jeu, les sports, les déplacements, les tâches quotidiennes, les activités récréatives, l'éducation physique ou l'exercice planifié, dans le contexte familial, scolaire ou communautaire » (23).

Il est recommandé pour tout âge de limiter les temps d'immobilisation et de sédentarité, notamment devant les écrans pour les enfants et adolescents. Jusqu'à 5 ans, l'OMS déconseille les immobilisations de plus d'une heure. Pendant les temps de sédentarité, il est

conseillé de pratiquer une activité stimulante pour le cerveau, comme la lecture ou la narration d'histoires.

Les bienfaits de l'activité physique chez l'enfant et l'adolescent sont nombreux. En effet selon l'OMS, l'activité physique contribue à réduire le surpoids et l'obésité de l'enfant (23). Elle permet également de développer un état musculaire, osseux et articulaire sain, favorise une bonne santé de l'appareil cardiovasculaire et développe une conscience neuromusculaire. Ainsi, elle permet la coordination et le contrôle des mouvements.

L'activité physique montre aussi ses bienfaits sur le plan psychologique, en réduisant le risque d'anxiété et de dépression chez les jeunes et améliorant leur estime de soi (23). Elle participe également à l'intégration sociale en favorisant les rencontres et la communication. Cela est également démontré par *Donnelly et al*, dont la revue systématique conclut à une association positive entre l'activité physique, la forme physique, la cognition et la structure du cerveau, ainsi que la réussite scolaire (24).

I.3.2. Activité physique et Troubles du Spectre de l'Autisme

En réalité, les recommandations de l'OMS sur le volume d'activité physique chez les enfants souffrant d'un handicap ne sont pas très éloignées des recommandations précédentes. En effet, les enfants souffrant d'un handicap devraient consacrer 60 minutes par jour à l'activité physique d'intensité modérée à soutenue, en incluant 3 fois par semaines une activité d'endurance soutenue, de renforcement musculaire et du système osseux. Ils devraient également limiter leur temps de sédentarité, notamment devant les écrans (21).

D'après les travaux de *Pan et Frey* et *Trost et al.* utilisant un accéléromètre durant une semaine entière, les jeunes atteints de TSA pratiqueraient moins d'activité physique quotidienne que leur pairs sans déficiences (25,26). À partir de cela, de nombreux auteurs se sont intéressés aux bienfaits de l'activité physique dans cette population. Ainsi dans la littérature scientifique, une amélioration des résultats comportementaux est retrouvée, notamment sur les comportements stéréotypés, les conditions cardiovasculaires, le fonctionnement socio-émotionnel, les performances scolaires, la cognition et l'attention. Sur le plan moteur, on retrouve une amélioration des habiletés motrices, de l'endurance, de la force et de la souplesse (27,28,29).

Beaucoup des études portant sur l'activité physique chez les jeunes atteints de TSA s'intéressent à l'efficacité des arts martiaux, regroupant des disciplines variées comme le **karaté**, le **taekwondo** ou encore le **Tai-Chi-Chuan**. Leur pratique combine la réalisation de différentes postures ou mouvements lents pour le Tai-Chi-chuan, des exercices de respiration et des enchainements à visée de combats tels que des coups de pieds ou coup de poings dans le taekwondo ou le karaté. Ainsi, les notions d'équilibre, de force, de schéma corporel ou encore de concentration sont abordées.

D'autres auteurs ont fait le choix d'étudier l'efficacité d'un programme sportif plutôt qu'un sport spécifique. Parmi eux, le programme ***Sports, Play and Active Recreation for Kids (SPARK)*** est retrouvé, conçu initialement pour promouvoir l'activité physique de manière ludique en milieu scolaire selon 10 activités (notamment la danse aérobique, des jeux, la marche, le jogging et la corde à sauter). Au fur et à mesure de l'avancée du programme, des séances plus intenses, plus longues et plus complexes sont proposées (30). Aujourd'hui, le programme SPARK propose entre autres des programmes parascolaires, des formations pour les enseignants et une éducation à la santé. Chez des enfants en bas âge, *Mostafavi et al.* montrent une plus grande efficacité du programme SPARK sur le développement des capacités motrices qu'un autre programme (31).

Pour les personnes en situation de handicap, il peut être intéressant d'avoir recours à des **programmes sportifs inclusifs**. D'après le Ministère Chargé des Sports, l'inclusion sociale dans le sport se définit comme « *la possibilité d'accéder et de pratiquer l'activité physique et sportive de son choix et de l'appréhender au niveau de son choix* » (32). La pratique d'une activité physique inclusive passe par la participation à l'activité avec des sportifs valides. Pour les enfants atteints de TSA, la mise en place de l'inclusion dans la pratique sportive est vivement encouragée par la Stratégie Nationale pour l'Autisme (33).

I.4. Problématique

Au cours des recherches initiales, nous nous rendons compte que, malgré le fait que les troubles moteurs chez les enfants et adolescents atteints de TSA soient notables et avérés,

cet aspect clinique reste peu présent dans les recommandations de bonne pratique et la littérature scientifique.

Ce travail s'est attardé sur la rééducation des troubles de l'équilibre. Chez les enfants, l'équilibre est un « atout » indispensable pour le bon développement neuro-moteur et l'acquisition de certaines capacités motrices (marche, coordination, course, sauts...) (34). Un trouble de l'équilibre pourrait impacter l'ensemble du développement moteur de l'enfant, et s'ajouter aux handicaps déjà présents dans la vie quotidienne de ce dernier. C'est également un critère d'exclusion sociale, qui rajoute un handicap à ceux déjà existants.

Comme évoqué précédemment, l'activité physique a déjà montré son intérêt sur le plan moteur chez les enfants atteints de TSA. Mais qu'en est-il de son efficacité sur les troubles de l'équilibre ?

Après cette réflexion, une question de recherche suivant le modèle PICOS a vu le jour :

- Population (P) : enfants atteints de TSA.
- Intervention (I) : activité physique.
- Comparaison (C) : placebo, autre intervention ou aucune intervention.
- Critères de jugement (O) : équilibres statique et dynamique, capacités d'interaction sociale.
- Design des études (S) : essais contrôlés randomisés (ECR) et non-randomisés (ECnR).

La problématique de ce travail est la suivante : **quelle est l'influence de l'activité physique dans la rééducation des troubles de l'équilibre chez des enfants et adolescents atteints de troubles du spectre de l'autisme ?**

Ainsi, l'objectif principal est d'évaluer l'effet de l'activité physique sur l'équilibre. L'objectif secondaire est de mesurer l'effet de cette activité physique sur les capacités d'interaction sociale. L'hypothèse envisagée est l'amélioration de l'équilibre (ou une diminution des troubles de l'équilibre) et une amélioration des interactions sociale des enfants atteints de TSA suite à une intervention d'activité physique.

II. Méthode

La méthode de cette revue de la littérature a été développée selon les recommandations PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) (35). À la date du 20 février 2022, aucune revue systématique sur ce sujet n'a été référencée sur PROSPERO. Le protocole de cette revue n'a pas été publié au préalable.

II.1. Critères d'éligibilité

II.1.1. Type de population

La population étudiée a été définie comme étant les enfants et adolescents présentant des TSA diagnostiqués, quels que soient ces derniers, entre 18 mois et 18 ans. Une limite d'âge inférieure de 18 mois a été définie pour s'assurer que les participants aient pu acquérir la marche, ce qui signifie indirectement un équilibre statique et dynamique acquis. Les deux sexes pouvaient être confondus.

II.1.2. Type d'intervention

Étant donné la faible quantité de littérature sur le sujet, il a été décidé de ne pas restreindre les critères d'inclusion et d'inclure les articles proposant une intervention d'activité physique sous n'importe quelle forme.

Pour pouvoir établir un lien de cause à effet entre l'intervention et les résultats, celle-ci devait comprendre au moins deux temps d'évaluation : un avant l'intervention et un après.

Aucun critère concernant la durée de l'intervention n'a été défini.

II.1.3. Type de comparaison

En suivant la même réflexion que pour le type d'intervention, la comparaison devait se faire entre un groupe recevant l'intervention et un groupe contrôle ne recevant aucun traitement, un placebo ou une autre intervention.

II.1.4. Type de critères de jugement

Les critères de jugement sont les suivants :

- Principal : l'équilibre statique et/ou dynamique mesuré par les échelles MABC-2, BOTMP, BOT-2 et les tests SST, SQT et *Heel-to-toe walking test*.
- Secondaire : les capacités d'interaction sociale évaluées par les échelles GARS2 et ATEC, et le questionnaire SSRS-PF.

II.1.5. Type d'études

Puisque cette revue étudie l'efficacité d'une intervention, les études intégrées à la revue seront des essais cliniques. Il a été choisi ici d'inclure des ECR ainsi que des ECnR dont la taille d'échantillon devait être supérieure à 4.

Ces articles devaient répondre à l'objectif principal et/ou à l'objectif secondaire. Étant donné la faible quantité d'essais cliniques existant sur le sujet, il a été choisi de ne pas fixer de scores PEDro et MINORS minimum. Ainsi, des articles de niveau 1 à 4 pouvaient être inclus.

Les articles devaient être rédigés en anglais ou en français puisque ce sont les deux seules langues maîtrisées. Aussi, dans le but d'effectuer une analyse complète, seuls les articles dont le texte est disponible en intégralité sont acceptés.

Enfin, puisque la notion de TSA n'est apparue qu'en 2013 suite à la publication de la DSM-V, seuls les articles publiés après cette date seront intégrés à la revue systématique.

II.2. Bases de données

Les bases de recherche utilisées sont PubMed, PEDro (*Physiotherapy Evidence Database*) et Cochrane Library. La dernière consultation de ces bases de données a été effectuée le 20 février 2022.

II.3. Équation de recherche

Pour la réalisation de cette revue de littérature, les recherches ont commencé en mars 2021. La question de recherche ainsi que la définition des critères d'éligibilité ont permis de définir les mots clés en vue d'obtenir l'équation de recherche.

Pour optimiser les recherches et s'assurer de bénéficier de tous les articles pertinents, y compris les plus récents, il a été choisi d'incorporer dans l'équation de recherche les mots clés libres ainsi que les mots clés MeSH (*Medical Subject Headings*) correspondants. Ces mots clés MeSH ont pu être appliqués uniquement sur les bases de données PubMed et Cochrane Library, PEDro ne proposant pas cette option (*Figure 2*).

L'équation de recherche a pu être construite en associant ces mots clés avec les opérateurs booléens *AND* et *OR* retrouvés dans les onglets « *Advanced Search* » des bases de données. Cette équation de recherche s'est vue adaptée en fonction des bases de données (*Tableau 1*). En effet, pour la base de données PEDro il n'est possible de sélectionner que deux mots clés. Les mots clés « *physical activity* » et « *autism spectrum disorder* » ont donc été choisis pour s'assurer l'accès à l'ensemble des articles pertinents pour l'élaboration de cette revue systématique. Sur Cochrane Library, les mots clés présentés en *Figure 2* ont été associés via l'onglet « *Search Manager* » pour obtenir l'équation de recherche correspondante dans le *Tableau 1*.

Sur les trois bases de données citées, aucun filtre n'a été appliqué.

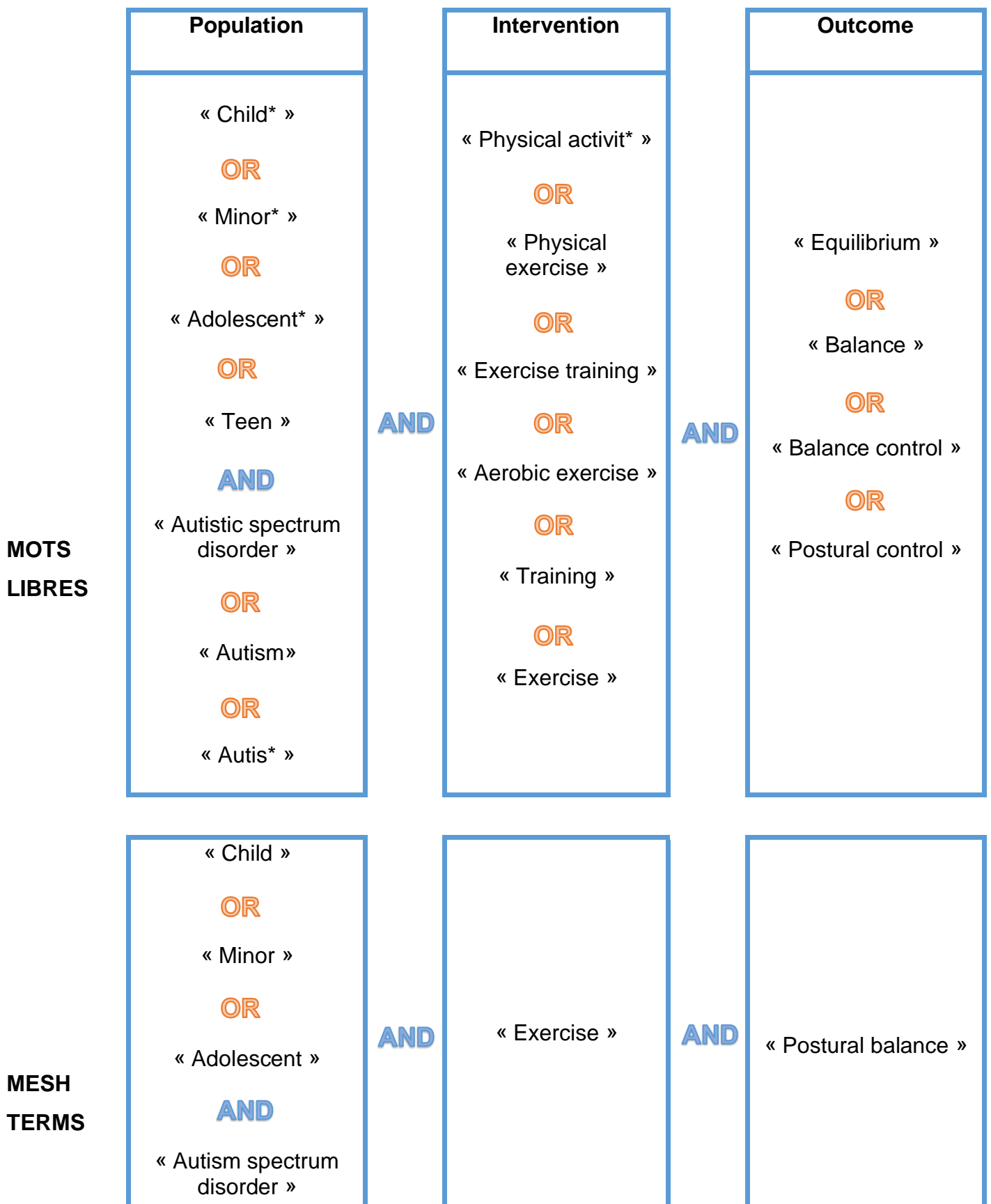


Figure 2 : Récapitulatif des mots clés de l'équation de recherche

Tableau 1 : Équation de recherche selon les bases de données utilisées



(((((child*) OR (minor*) OR (adolescent*) OR (teen*))
AND (("autistic spectrum disorder") OR (autism) OR
(ASD) OR (autis*))) AND (("physical activit*") OR
("physical exercise") OR ("exercise training") OR
("aerobic exercise") OR (training) OR (exercise)) AND
((balance) OR ("balance control") OR ("postural
control") OR (equilibrium))) OR (((("child"[MeSH
Terms]) OR ("minors"[MeSH Terms]) OR
("adolescent"[MeSH Terms])) AND ("autism spectrum
disorder"[MeSH Terms])) AND ("exercise"[MeSH
Terms]) AND ("postural balance"[MeSH Terms]))



(((((child*) OR (minor*) OR (adolescent*) OR (teen*))
AND (("autistic spectrum disorder") OR (autism) OR
(ASD) OR (autis*))) AND (("physical activit*") OR
("physical exercise") OR ("exercise training") OR
("aerobic exercise") OR (exercise)) AND ((balance) OR
("balance control") OR ("postural control") OR
(equilibrium)))) OR (((("child"[MeSH Terms]) OR
("minors"[MeSH Terms]) OR ("adolescent"[MeSH
Terms])) AND ("autism spectrum disorder"[MeSH
Terms]) AND ("autism spectrum disorder"[MeSH
Terms])) AND ("exercise"[MeSH Terms]) AND
("postural balance"[MeSH Terms]))



(physical activity) AND (autism spectrum disorder)

II.4. Sélection des articles

La sélection, comme la lecture et l'analyse des articles, a été effectuée manuellement par un seul évaluateur indépendant. En cas de doute sur l'inclusion, l'aide d'un masseur-kinésithérapeute diplômé d'état avec expérience en recherche a été sollicitée.

Le procédé de sélection a suivi différentes méthodes, c'est-à-dire à partir des différentes bases de données présentées précédemment, et en amont des études sélectionnées. En revanche, aucune sélection en aval des études n'a été faite.

Sur les bases de données, la sélection s'est déroulée en trois étapes. La première consistait en la suppression des duplicatas des articles récoltés indépendamment sur les différentes bases de données. Cette étape a pu être réalisée grâce à l'utilisation d'un tableau Word. Ensuite, la deuxième étape comprenait un premier temps de lecture du titre de chaque article. Dans un second temps les articles dont le titre contenait des critères d'inclusion et aucun critère de non-inclusion, une lecture du résumé a été effectuée. Encore une fois, grâce à la définition des critères d'éligibilité présentés précédemment, les articles ne correspondant pas aux exigences de cette revue ont pu être éliminés.

Finalement, les articles restants ont fait l'objet d'une lecture complète dont les objectifs étaient de repérer les critères d'inclusion et d'exclure ceux qui comportaient des critères de non-inclusion.

En parallèle, une recherche en amont des articles récoltés sur les bases de données est effectuée. Les études citées dont le titre semblait pertinent ont fait l'objet d'une lecture complète. Ensuite, les articles respectant les critères d'inclusion et de non-inclusion ont pu être inclus dans la revue.

II.5. Collecte des données

La collecte des données a été réalisée par un seul examinateur indépendant au moyen d'une lecture attentive des articles sélectionnés. Avant cette étape, une fiche de lecture a été

établie, regroupant toutes les données jugées importantes dans la réalisation de cette revue. Ainsi, les données de chaque article ont été regroupées dans un tableau dans le but de faciliter leur comparaison.

Cette fiche de lecture comprend les points suivants :

- Les caractéristiques de l'article : le titre, l'auteur et la date de publication.
- Le(s) objectif(s)
- Les caractéristiques de la population : le(s) critère(s) d'inclusion et d'exclusion, la taille de l'échantillon, l'âge moyen, le nombre de sujets dans les groupes contrôle et intervention.
- Les modalités d'intervention dans les groupes contrôle et intervention : le type de l'intervention appliquée et sa durée.
- Le(s) critère(s) de jugement principal et éventuellement secondaire, ainsi que leur(s) outil(s) d'évaluation.
- Les résultats des interventions.
- La conclusion des études.
- Les éléments de discussion.
- Les biais de l'étude.
- Le score PEDro ou MINORS.

II.6. Outils d'évaluation

Les différentes échelles suivantes sont souvent utilisées à titre de comparaison avant et après une intervention pour analyser l'efficacité de celle-ci.

II.6.1. Évaluation de l'équilibre

Le test validé ***Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOTMP)*** permet d'évaluer les capacités motrices. Dans la deuxième édition de ce test (***BOT-2***), la plus récente (2005), ces dernières sont évaluées selon plusieurs domaines comprenant la motricité fine, la dextérité manuelle, la coordination bilatérale, l'équilibre, la vitesse de course, l'agilité et la force. Cette dernière version, existant en versions longue (53 items) et courte (14 items),

permet d'évaluer les enfants et adolescents âgés de 4 ans à 21 ans et 11 mois (36). Le test BOT-2 est validé, mais non traduit en langue française (37).

Dans sa version longue, l'équilibre est évalué en statique et en dynamique dans les épreuves suivantes :

1. Équilibre sur les pieds séparés, l'un en avant de l'autre, yeux ouverts.
2. Équilibre sur les pieds séparés, l'un en avant de l'autre, yeux fermés.
3. Marcher vers l'avant sur une ligne.
4. Marcher vers l'avant talons-orteils sur une ligne.
5. Équilibre talons-orteils sur la poutre d'équilibre.
6. Équilibre sur une jambe, yeux ouverts.
7. Équilibre sur une jambe, yeux fermés.
8. Équilibre sur une jambe sur la poutre d'équilibre, yeux ouverts.
9. Équilibre sur une jambe sur la poutre d'équilibre, yeux fermés.

Comme vu précédemment dans la sous échelle de l'équilibre du BOT-2, l'équilibre dynamique peut être évalué grâce à la marche talons-orteils (**Heel to Toes Test** en anglais). Ce test peut être utilisé seul, comme dans l'étude de *Ansari et al.*, dans laquelle les participants doivent effectuer 15 pas consécutifs sans perdre l'équilibre (38).

Toujours dans le but d'évaluer les capacités motrices des enfants, le test **Movement Assessment Battery for Children (M-ABC)** est constitué de huit items répartis dans trois grands domaines de compétences (39):

1. Dextérité manuelle
2. Attraper et lancer une balle
3. Équilibre statique et dynamique

Initialement le M-ABC permettait d'identifier des troubles moteurs chez les enfants âgés de 4 à 12 ans. Désormais, la deuxième édition de cette échelle (**MABC-2**) permet d'évaluer les capacités motrices des enfants selon trois tranches d'âges (de 3 à 6 ans, de 7 à 10 ans et de 11 à 16 ans), les critères d'évaluation étant adaptés à chacune d'entre elles. Pour chaque item, un score allant de 0 à 5 est attribué, 0 correspondant à la bonne exécution de la tâche évaluée. Ainsi un score final de 0 ne démontrera aucune difficulté motrice, tandis qu'un score final de 40 soulignera des incapacités motrices majeures (40,41). D'après la littérature, ce

test apparaît fiable et valide notamment pour les enfants de 3 à 5 ans (42), 5 à 8 ans (43) et 7 à 10 ans (44). La traduction française de ce test n'est pas disponible.

Le **Stork Standing Test (SST)**, ou test de la cigogne debout en français) peut être utilisé pour évaluer l'équilibre statique (45). Pour réaliser le test, le sujet se place en appui sur un seul membre inférieur, les mains sur les hanches. Il place ensuite le pied du membre inférieur libre à l'intérieur du genou du membre d'appui, adoptant ainsi une posture de cigogne. Le but est ici de maintenir la position le plus longtemps possible. Suivant les auteurs les modalités de chronométrage peuvent varier, mais le plus souvent le chronomètre démarre lorsque le sujet décolle le pied du membre inférieur libre du sol, et s'achève lorsque ce dernier repose le pied au sol. Le score du test se traduit en secondes, un score élevé signifiant une meilleure performance.

En plus des différents tests, l'équilibre peut faire l'objet d'une évaluation instrumentale, notamment grâce à des plateformes d'analyse comme la **NeuroCom Balance Master**, permettant d'augmenter la précision des mesures quantitatives. Cette balance propose des tests fonctionnels évaluant l'équilibre dynamique, parmi lesquels le **Step Quick Turn test (SQT, test des pas et demi-tour rapide)** en français). Dans ce test, les participants doivent faire deux pas en avant et faire rapidement demi-tour pour revenir au point de départ.

II.6.2. Évaluation des capacités d'interaction sociale

La deuxième édition de l'échelle **Gilliam Autism Rating Scale (GARS2)** est un outil normalisé, supplémentaire au diagnostic, qui permet d'évaluer le degré de sévérité du TSA chez les individus âgés de 3 à 22 ans (46). Il s'agit d'une échelle comprenant 42 items subdivisés en 3 sous-échelles (comportement stéréotypé, interaction sociale et communication) de 14 items chacune. Pour chacun d'entre eux, un score allant de 0 à 3 est attribué en fonction de la fréquence d'observation des critères chez l'enfant : 0 = jamais observé, 1 = rarement observé, 2 = parfois observé, 3 = fréquemment observé.

Pour exemple, la sous-échelle de communication s'intéresse à la fréquence d'apparition des phénomènes suivants :

1. Répète des mots
2. Répète des mots hors contexte
3. Répète encore et encore
4. Répète des sons inintelligibles
5. Parle avec un affect plat
6. Répond de façon inappropriée
7. Détourne le regard lorsqu'on l'appelle par son nom
8. Évite de demander
9. N'engage pas la conversation
10. Utilise oui/non de façon inappropriée
11. Utilise les pronoms de façon inappropriée
12. Utilise « je » de façon inappropriée
13. Utilise des gestes au lieu de la parole.

Dans la troisième version, s'ajoutent à ces 3 sous-échelles les réponses émotives, la cognition et le langage pour un total de 56 items (47).

L'avantage de cette échelle est qu'elle peut être complétée par tout individu en contact avec l'enfant, aussi bien les acteurs de son parcours de soin, que les parents ou le personnel enseignant. De plus d'après *Montgomery et al.*, les sous-échelles de GARS-2 montrent des corrélations modérées à fortes avec les sous-tests correspondants de la liste ABC (*Autism Behavior Checklist*) (48). Cette échelle, non-traduite en langue française, est retrouvée en *Annexe 3*.

De la même façon l'échelle ***Autism Treatment Evaluation Checklist (ATEC)*** est une liste validée et traduite en français de 77 items (traitant de la communication, la sociabilité, la conscience sensitive et cognitive, la santé physique et les comportements) qui permet de quantifier l'importance des individus atteints de TSA (49). L'échelle ATEC est disponible en *Annexe 4*.

Dans le milieu scolaire, l'échelle validée ***Social Skills Rating System (SSRS)*** permet d'évaluer les comportements sociaux des élèves de 3 à 12 ans selon 3 domaines : les aptitudes sociales, les comportements problématiques et les compétences scolaires (50). Le

SSRS propose 3 formulaires distincts destinés aux parents, aux enseignants et aux élèves. Pour chaque champ, les compétences sont notées de 0 à 2 points selon leur fréquence d'observation (0 = jamais ; 1 = souvent ; 2 = très souvent).

II.7. Évaluation du risque de biais

L'évaluation des différents risques de biais a été réalisée par un seul évaluateur indépendant.

L'évaluation du risque de biais des ECR a été réalisée grâce à l'**Échelle PEDro** qui permet d'évaluer la qualité méthodologique d'un essai contrôlé selon 11 critères (*Annexe 5*). Le critère n°1 correspond à la validité externe de l'étude, c'est-à-dire la possibilité de généraliser les résultats à l'ensemble de la population ciblée, en dehors du contexte expérimental. Les critères n°2 à 9 correspondent à la validité interne de l'étude, c'est-à-dire la fiabilité des conclusions que l'auteur tire de l'analyse de son étude. Les critères n°10 et 11 quant à eux renvoient au caractère interprétable des résultats, en fonction des informations statistiques apportées par l'étude. Un point est attribué si l'étude analysée respecte clairement un critère. Au final, un score PEDro sur 10 points est attribué, car le critère n°1 n'est pas comptabilisé dans la note finale (51).

Pour les ECnR, le risque de biais est calculé grâce à l'**Échelle MINORS** (*Methodological Items for Non-Randomized Studies*) (*Annexe 6*). Cette échelle validée et traduite en français comprend une liste de 12 items méthodologiques : les 8 premiers sont dédiés aux études non-randomisées comparatives ou non tandis que les 4 derniers ne s'adressent qu'aux études non-randomisées comparatives. En fonction des études un score de 0 à 2 est attribué pour chaque item (0 : non rapporté, 1 : rapporté mais mal fait ou inadapté, 2 : rapporté et bien fait ou adapté). Ainsi, les scores varient de 0 à 16 pour les études non-randomisées non-comparatives et de 0 à 24 pour les études non-randomisées comparatives. Un score élevé signe une étude de bonne qualité méthodologique (52).

Enfin, le risque de biais de la présente revue systématique sera évalué à l'aide de l'échelle **AMSTAR 2** (*Assessment of Multiple Systematic Reviews*) dont la réponse aux différents critères permet de définir la qualité méthodologique d'une revue systématique (53) :

- Haute : aucune ou une limite non-critique
- Modérée : plus d'une limite non-critique
- Faible : une limite critique
- Extrêmement faible : plus d'une limite critique

II.8. Évaluation du niveau de preuve

Selon la HAS, le niveau de preuve d'une étude correspond à « *la capacité d'une étude à répondre à la question posée* » (54). La HAS définit ainsi 4 niveaux de preuve allant de 1 à 4, le niveau 1 étant le plus élevé. En fonction de ces niveaux de preuves, 3 grades de recommandations allant de A à C sont attribués (*Tableau 2*).

Tableau 2 : Niveaux de preuves et grades fournis par la littérature selon la HAS (54)

		Types d'études
Grade A	Niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> • Essais comparatifs randomisés de forte puissance • Meta-analyse d'essais comparatifs randomisés • Analyse de décision fondée sur des études bien menées
Grade B	Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> • Essais comparatifs randomisés de faible puissance • Études comparatives non-randomisés bien menées • Études de cohortes
Grade C	Niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> • Études cas-témoins
	Niveau 4	<ul style="list-style-type: none"> • Études comparatives comportant des biais importants • Études rétrospectives • Séries de cas • Études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Dans cette revue, ont été définis comme niveau de preuve 1 les ECR obtenant un score PEDro égal ou supérieur à 7/10. Par conséquent, les ECR obtenant un score inférieur à 6/10 ont été catégorisés de niveau 2.

Par analogie, les ECnR obtenant un score supérieur ou égal à 17/24 selon l'échelle MINORS seront qualifiés de niveau de preuve 2. Pour ceux qui obtiendront un score inférieur à 17/24, un niveau de preuve 4 sera attribué.

II.9. Quantification des résultats

La quantification des résultats permet de juger l'efficacité de l'intervention de chaque étude dans le temps (évaluation intra-groupe), et en comparaison avec une autre intervention (évaluation inter-groupe). Cela permet ainsi de répondre à nos objectifs. Pour cela, la p-valeur (ou p-value pour *probability value* en anglais) a été utilisée. Cette dernière permet de quantifier la significativité statistique des résultats d'une étude, c'est-à-dire s'ils sont liés réellement à l'efficacité de l'intervention ou simplement au fait du hasard. Un résultat est jugé significatif lorsque la p-valeur est inférieure à 0.05 (ou 5%) (55).

III. Résultats

III.1. Sélection des articles

L'application de la méthode de recherche a permis d'obtenir 189 articles (150 sur PubMed, 15 sur PEDro et 24 sur Cochrane Library). Dans ces articles, un article s'est vu rétracté. C'est donc un total de 188 articles qui ont été analysés.

La première étape consistant en la suppression des doublons a permis d'éliminer 5 articles. 183 articles ont donc été sélectionnés pour la deuxième étape, comprenant la lecture des titres puis des résumés. Au cours de cette étape, 165 articles ont été écartés de la revue systématique en raison de leur titre, puis 10 articles ont été éliminés suite à l'analyse de l'abstract. Ce sont donc 8 articles qui ont été sélectionnés pour la lecture entière. Cette dernière étape a permis d'exclure 2 articles.

La méthode de sélection en amont a permis d'ajouter une référence supplémentaire. Après lecture du titre, de l'abstract puis de l'article complet, cette dernière s'est vue incluse dans la revue.

À la fin de la sélection, 5 ECR ont été inclus dans cette revue systématique, ainsi que 2 ECnR (*Tableau 3*). Tout le processus de sélection est résumé dans un diagramme de flux (*Figure 3*).

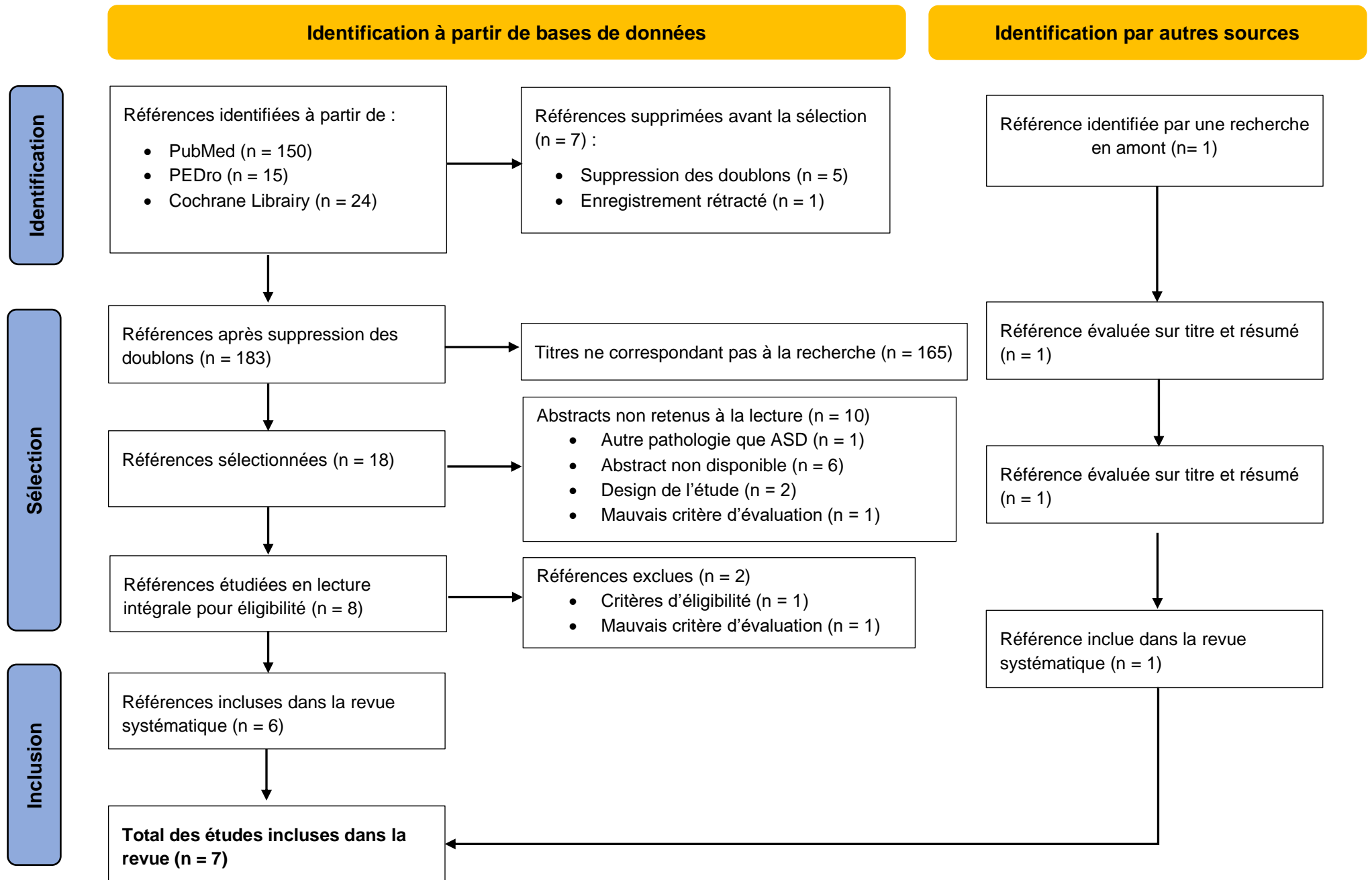


Figure 3 : Diagramme de flux selon PRISMA (35)

Tableau 3 : *Essais cliniques inclus dans l'étude*

TITRE	DESIGN	AUTEUR	DATE
« The effect of Karate techniques training on communication deficit of children with autism spectrum disorders » (56)	ECR	<i>Bahrami et al.</i>	2015
« Effects of Taekwondo intervention on balance in children with autism spectrum disorder » (57)	ECnR	<i>Kim et al.</i>	2016
« The effect of SPARK on social and motor skills of children with autism » (58)	ECR	<i>Najafabadi et al.</i>	2018
« Creative yoga intervention improves motor and imitation skills of children with autism spectrum disorder » (59)	ECnR	<i>Kaur et Bhat</i>	2019
« The effect of six weeks of Tai-Chi-Chuan training in the motor skills of children with autism spectrum disorder » (60)	ECR	<i>Sarabzadeh et al.</i>	2019
« Effects of an inclusive physical activity program on the motor skills, social skills and attitudes of students with and without autism spectrum disorder » (61)	ECR	<i>Sansi et al.</i>	2020
« The effects of aquatic versus kata techniques training on static and dynamic balance in children with autism spectrum disorder » (38)	ECR	<i>Ansari et al.</i>	2021

III.2. Caractéristiques des études

Les articles sélectionnés ont évalué l'équilibre statique et/ou dynamique de 137 enfants de 5 à 16 ans ayant un diagnostic de TSA, dont le sexe est connu pour 111 d'entre eux : 99 garçons et 12 filles. Parmi eux, 75 enfants ont suivi une intervention d'activité physique tandis que les 62 autres ont fait partie d'un groupe contrôle.

Les types d'activité physique varient suivant les études :

- 4 d'entre elles portent sur des interventions d'arts martiaux (Taekwondo pour *Kim et al.* ; Tai Chi Chuan pour *Sarabzadeh et al.* ; Karaté pour *Ansari et al.* et *Bahrami et al.*).
- En plus du karaté, l'étude de *Ansari et al.* mesure également les effets d'une intervention d'exercices aquatiques.
- L'étude de *Kaur et Bhat* offre une intervention de Yoga.
- Les études de *Najafabadi et al.* et *Sansi et al.* évaluent l'efficacité d'un programme sportif adapté, respectivement le programme SPARK et un programme inclusif.

Le nombre de séances fluctuent également selon les études. Pour toutes, le programme propose minimum 2 séances par semaine. Pour certaines, l'intervention est basée sur 3 (*Najafabadi et al.* ; *Sarabzadeh et al.*) voir 4 séances d'activité physique par semaine (*Kaur et Bhat*, *Bahrami et al.*). Ces séances durent entre 20 et 60 minutes et sont toutes dispensées par des instructeurs qualifiés ou formés, à l'exception de l'étude de *Kaur et Bhat* qui permet aux parents des participants de gérer la moitié des séances. Tous les programmes se rejoignent sur l'organisation des séances : une session d'échauffement, une session d'exercices spécifiques et enfin un retour au calme.

Dans 6 des études sélectionnées, l'intervention a été comparée à une absence d'intervention ou à la poursuite des routines sportives habituelles (*Bahrami et al.* ; *Kim et al.* ; *Najafabadi et al.* ; *Sarabzadeh et al.* ; *Sansi et al.* ; *Ansari et al.*). L'étude de *Ansari et al.* a comparé trois groupes différents entre eux : 2 groupes intervention (exercices aquatiques et techniques de karaté) et 1 groupe contrôle. Seule l'étude de *Kaur et Bhat* a fait suivre un programme au groupe contrôle, ce dernier consistant en des activités sédentaires traditionnellement suivies dans le cadre scolaire, telles que la lecture, l'artisanat ou les jeux de construction.

L'effet de l'activité physique a été évalué à la fois sur l'équilibre statique et sur l'équilibre dynamique dans 3 études (*Kim et al.*, 2016 ; *Najafabadi et al.*, 2018 ; *Ansari et al.*, 2021) grâce aux tests et échelles suivantes : position statique bipodale et unipodale, test SQT, BOTMP, *Stork Standing Test* et *Walking Heel to Toe Test*. De plus, l'étude de *Kim et al.* propose une meilleure analyse quantitative grâce à l'utilisation de la plateforme *NeuroCom Balance Master* durant les test.

Deux études ont choisi de ne pas dissocier l'équilibre statique du dynamique lors des mesures, évaluant alors l'équilibre au sens global (*Kaur et Bath ; Sarabzadeh et al.*), par le biais des outils BOT-2 et MABC-2.

Enfin, 3 études (*Bahrami et al. ; Najafabadi et al. ; Sansi et al.*) s'intéressent à l'effet sur les capacités d'interaction sociale, évalué selon les questionnaires ATEC, GARS-2 et SSRS-PF.

Les durées d'intervention varient de 6 à 14 semaines pour une moyenne de 9,7 semaines. Suite à cela, le suivi des patients donne des résultats à court terme pour 6 études, soit juste après la fin de l'intervention ou une semaine après (*Kim et al., 2016 ; Najafabadi et al., ; Sarabzadeh et al., 2019 ; Kaur et Bhat, 2019 ; Sansi et al. ; Ansari et al., 2021*). L'étude de *Bahrami et al.* propose un suivi à moyen terme, soit un mois après la dernière session d'intervention.

Comme présenté dans la méthode, les caractéristiques des études incluses ont été regroupées sous forme de tableau pour faciliter leur lecture et la compréhension (*Tableau 4*).

Tableau 4 : Caractéristiques des études incluses

Articles	Population	Intervention	Critères de jugement
<p><i>Bahrami et al., 2015 (56)</i></p>	<p>30 enfants avec TSA de 5 à 16 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupe intervention = 15 - Groupe contrôle = 15 	<p><i>Groupe intervention</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 séances par semaine d'enseignement adapté de Karaté (formation de 20h des instructeurs pour adapter l'enseignements aux TSA), de 30 min initialement à 90 en fin de programme (sem 9 à 14). • Séance type = 15 min d'échauffement, 65 min de karaté (mouvements prédéterminés exécutés contre un adversaire imaginaire) et 10 min de retour au calme. • Chaque partie est divisée en deux parties : un enseignement individuel puis une pratique en groupe. • Sessions dispensées par 20 instructeurs qualifiées. • Utilisation de techniques de motivation. • Présence des parents pendant les sessions (aident si enfant non-obéissant). • Les participants n'ont pas suivi d'autres programmes d'exercices physiques. <p><i>Groupe contrôle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Intervention éducative : aptitudes académiques, cognitives et linguistiques. <p><u>Durée</u> : 14 semaines</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Communication (sous échelle de communication de la GARS-2)
<p><i>Kim et al., 2016 (57)</i></p>	<p>14 enfants avec TSA de 8 à 14 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupe intervention = 8 - Groupe contrôle = 6 	<p><i>Groupe intervention</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 séances par semaine de 50 min de Taekwondo • Séance type = 10 min d'échauffement, 20 min d'exercices (coup de pied et coup et de poings), 10 min d'enchaînement d'arts martiaux (poomsae) et 10 min de retour au calme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibre dynamique (SQT). • Equilibre statique (position statique)

		<ul style="list-style-type: none"> • Dans un studio privé d'arts martiaux. • Sessions dispensées par un instructeur qualifié. <p><i>Groupe contrôle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas d'intervention <p><u>Durée</u> : 8 semaines</p>	bipodale et unipodale).
Najafabadi et al., 2018 (58)	<p>26 participants de 5 à 12 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupe intervention = 12 - Groupe contrôle = 14 	<p><i>Groupe intervention</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 séances par semaine de 40 min d'entraînement SPARK • Séance type = 10 min d'échauffement, 20 min d'exercices (endurance, activité cardiovasculaire, habilité motrice), 10 min de récupération. • Séances gérées par 4 entraîneurs formés avec expérience auprès des enfants avec troubles du développement. <p><i>Groupe contrôle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Programme habituel non SPARK. <p><u>Durée</u> : 12 semaines</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Habilités motrices (équilibre et coordination). • Capacités d'interaction sociale (GARS-2 et ATEC).
Kaur et Bhat, 2019 (59)	<p>24 participants de 5 à 13 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupe intervention = 12 (dont un enfant exclu de l'analyse finale) - Groupe contrôle = 12 	<p><i>Groupe intervention</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 séances par semaine de 20 à 45 min de yoga • Séance type = activités de yoga traditionnelles (respiration, pose d'imitation avec ou sans partenaire, relaxation) et activités sociales (chansons de salutation et d'adieu, jeux de toucher, contact et regard). • 2 séances dispensées par des experts (kinésithérapeute pédiatrique formé) et 2 séances dispensées par des parents : • Les séances d'experts intègrent un modèle (étudiants universitaires avec 6 heures de formation) accompagnant l'enfant. • Encouragement à la communication verbale et non-verbale. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacités motrices (BOT-2) : équilibre, coordination bilatérale, motricité fine et intégration motrice. • Capacités d'imitation.

		<p><i>Groupe contrôle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Activités sédentaires habituellement pratiquées dans le cadre scolaire : lecture, artisanat, jeux de construction • Encouragement à la communication verbale et non-verbale. <p><u>Durée</u> : 6 semaines</p>	
<p>Sarabzadeh et al., 2019 (60)</p>	<p>18 participants de 6 à 12 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupe intervention = 9 - Groupe contrôle = 9 	<p><i>Groupe intervention</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 séances par semaine de 60 min de Tai-Chi-Chuan • Séance type = 10 min d'échauffement, 40 min d'exercices (imitation posture et mouvements de l'instructeur), 10 min de retour au calme. • Sessions dispensées par un instructeur de Tai Chi qualifié. <p><i>Groupe contrôle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pas d'entraînement régulier. <p><u>Durée</u> : 6 semaines</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fonctions motrices (MABC-2): équilibre, dextérité manuelle, agilité de ballon.
<p>Sansi et al., 2020 (61)</p>	<p>49 participants de 6 à 11 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupe intervention = 28 <ul style="list-style-type: none"> • 14 TSA • 14 TD - Groupe contrôle = 21 <ul style="list-style-type: none"> • 11 TSA • 10 TD 	<p><i>Groupe intervention</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 séances par semaine de 60 min • Séances types = 5 min d'échauffement (mouvements immersifs), 10 min de mouvements fonctionnels (articulaire, souplesse et renforcement), 35 min d'activités de groupes (cordes, ballons, cerceaux, matelas etc.), 10 min d'activités en groupe entier (sous forme de jeux). • Attention particulière au contact physique entre les élèves. • Dispensées par des professeurs d'éducation physique volontaires. <p><i>Groupe contrôle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Poursuite routine quotidienne et activités éducatives 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacités motrices • Comportement des TD envers les ASD. • Capacités sociales (SSRS-PF) et comportements problématiques des ASD.

		<u>Durée</u> : 12 semaines	
Ansari et al., 2021(38)	<p>30 participants de 8 à 14 ans</p> <ul style="list-style-type: none"> - Groupe intervention (A) = 10 - Groupe intervention (K) = 10 - Groupe contrôle = 10 	<p><i>Groupe intervention (A)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 séances par semaine de 60 min en piscine • Séance type = 5 min d'échauffement, 15 min d'entraînement d'orientation, 20 min d'apprentissage des bases de la natation, 15 min de nage libre et de jeux aquatiques, 5 min de retour au calme. • Sessions dirigées par 5 entraîneurs de natation qualifiés avec expérience auprès des enfants ayant des besoins spécifiques. <p><i>Groupe intervention (K)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 séances par semaine de techniques de karaté (30 min les 2 premières semaines, 45 min les 2 suivantes puis 60 min les semaines restantes). • Séance type = 10 min d'échauffement, 45 min d'entraînement de karaté, 5 min de retour au calme. • Programme instruit par un chercheur et 4 entraîneurs, avec une expérience auprès des enfants atteints de TSA. <p><i>Groupe contrôle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Poursuite de la routine quotidienne, de leur programme et de leur traitement. • Maintien du niveau d'activité physique habituel. • Ne doivent pas participer à un nouveau programme sportif pendant toute la durée de l'étude. <p><u>Durée</u> : 10 semaines</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equilibre statique (Stork Standing test modifié) • Equilibre dynamique (Heel-to-toe walking test)

Abréviations

A : aquatique ; **K** : karaté ; **Min** : minutes ; **Sem** : semaine(s) ; TD : développement typique

III.3. Risque de biais relatif aux études

II.3.1. Risque de biais relatifs aux essais contrôlés randomisés

Le risque de biais relatif aux ECR de la revue systématique a été évalué grâce à l'échelle PEDro qui, pour rappel, permet d'obtenir un score sur 10 points. Le score des études pour chaque item est regroupé sous forme d'un tableau (*Tableau 5*). Afin de souligner les points forts et faibles de chaque étude, une couleur verte est attribuée aux items validés (1 point), tandis qu'une couleur rouge signifie un non-respect du critère (0 point). La justification de ce score est retrouvée pour chaque article en *Annexe 7*.

Dans la très grande majorité, le point faible des études réside dans le non-aveuglement des sujets, des thérapeutes et des examinateurs. En effet du fait de l'attribution ou non d'une intervention physique, ces derniers sont forcés d'être au courant de l'attribution des groupes. Seule l'étude de *Najafabadi et al.* désigne comme examinateurs des personnes extérieures à l'étude qui n'entrent en contact avec les enfants qu'au moment des mesures. Dans le reste des études, ces derniers sont confondus avec les thérapeutes, d'où la non-possibilité d'aveuglement.

Enfin dans chaque étude, aucune information confirmant ou infirmant une éventuelle assignation secrète des participants n'est retrouvée. Dans ce cas, un score nul est attribué. Cette explication justifie bon nombre des items non-respectés restants.

À partir de la qualité méthodologique et du score obtenu, chaque étude s'est vu obtenir un niveau de preuve selon la classification de l'HAS. L'étude de *Najafabadi et al.* a obtenu un score de 7/10 avec peu de risque de biais, elle répond donc à la catégorie de niveau 1. Un score de 5/10 a été attribué à l'article de *Sarabzadeh et al.* et un score de 4/10 a été donné à *Ansari et al.* Par conséquent un niveau de preuve 2 leur est rattaché. Enfin les articles de *Bahrami et al.* et *Sansi et al.* ont respectivement obtenu un score de 3/10 et 6/10. Ces deux articles répondent donc également à un niveau de preuve 2.

Le risque de biais à travers l'ensemble des ECR de l'étude est retrouvé dans la *Figure 4*.

Tableau 5 : Evaluation du risque de biais des ECR selon l'échelle PEDro (51)

	Bahrami et al. (56)	Najafabadi et al., (58)	Sarabzadeh et al., (60)	Sansi et al., (61)	Ansari et al., (38)
1. Critères d'éligibilité					
2. Répartition aléatoire des groupes					
3. Assignment secrète					
4. Similitude des groupes au début de l'étude					
5. Aveuglement des sujets					
6. Aveuglement des thérapeutes					
7. Aveuglement des examinateurs					
8. Obtention des mesures pour plus de 85% des sujets					
9. Suivi du traitement / contrôle par tous les sujets					
10. Comparaisons statistiques intergroupes					
11. Estimation des effets et l'estimation de leur variabilité					
Score	3/10	7/10	5/10	6/10	4/10

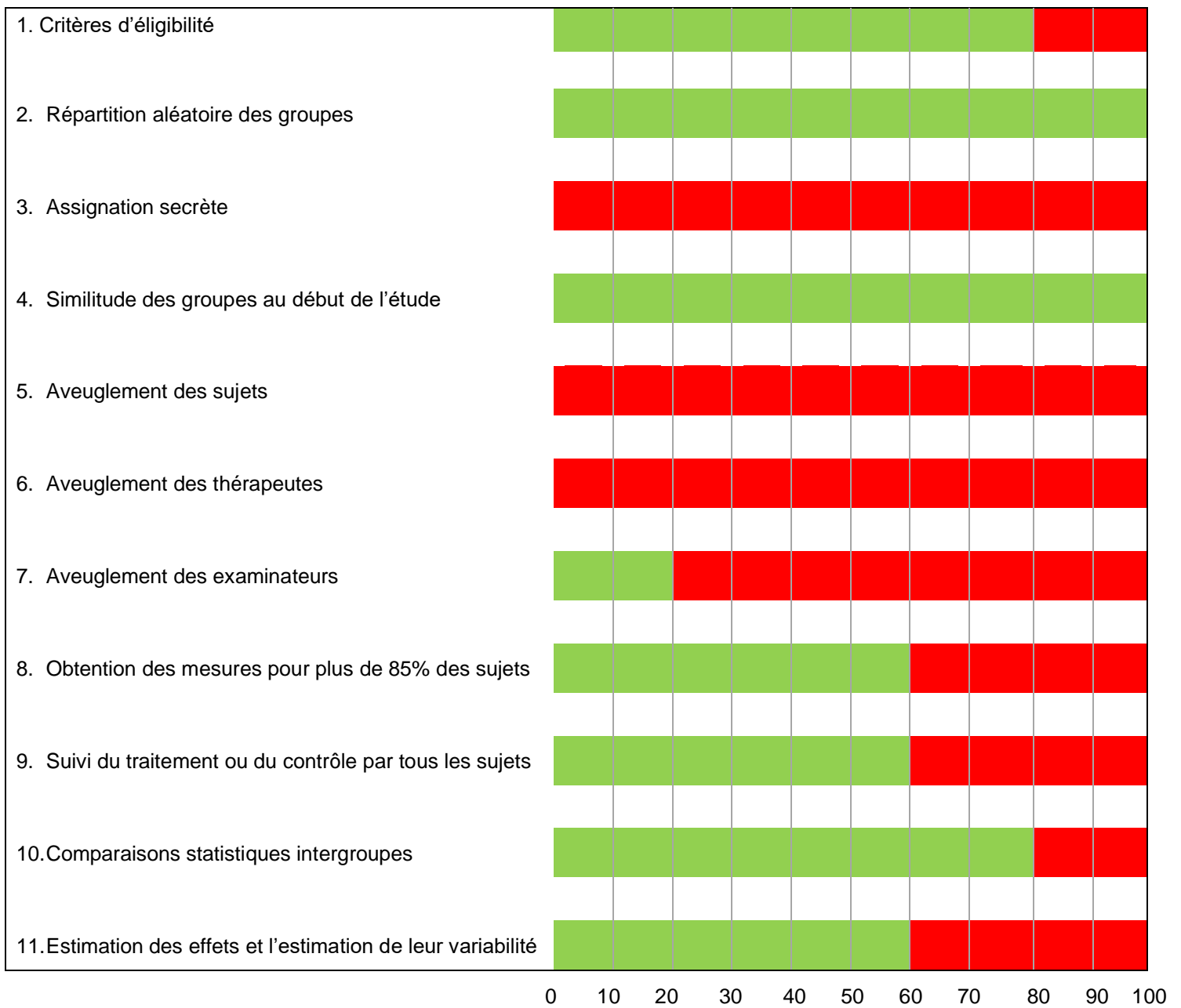


Figure 4 : *Risque de biais à travers l'ensemble des études et par items de l'échelle PEDro*

II.3.2. Risque de biais relatifs aux essais contrôlés non randomisés

Le risque de biais des ECnR a été évalué grâce à l'échelle MINORS, dont le détail du score est retrouvé dans le *Tableau 6*. Encore une fois, une couleur verte signifie que le critère est respecté (2 points), une couleur orange signifie que le critère est incertain (1 point) tandis qu'une couleur rouge correspond à un non-respect du critère (0 point). La justification du score attribué pour chaque étude est retrouvée en *Annexe 8*. En moyenne, les articles analysés obtiennent une note de 16/20.

Dans cette revue, deux ECnR ont été inclus : *Kim et al.* et *Kaur et Bhat*. Ces deux articles ont respectivement obtenu des scores de 15/24 et 17/24. Ainsi l'étude de *Kaur et Bhat* obtient un niveau de preuve 2 tandis que l'étude de *Kim et al.* obtient un niveau de preuve 4.

Cette différence de niveau est justifiée en partie par l'aveuglement des sujets et thérapeutes : dans l'étude de *Kim et al.* les sujets et thérapeutes sont informés de la répartition des groupes tandis que dans l'étude de *Kaur et Bhat* une évaluation seulement en simple aveugle du critère de jugement principal est faite. Selon le lecteur, les groupes divergent au début de l'étude, notamment dans le nombre de sujets et la proportion de sexes masculin et féminin.

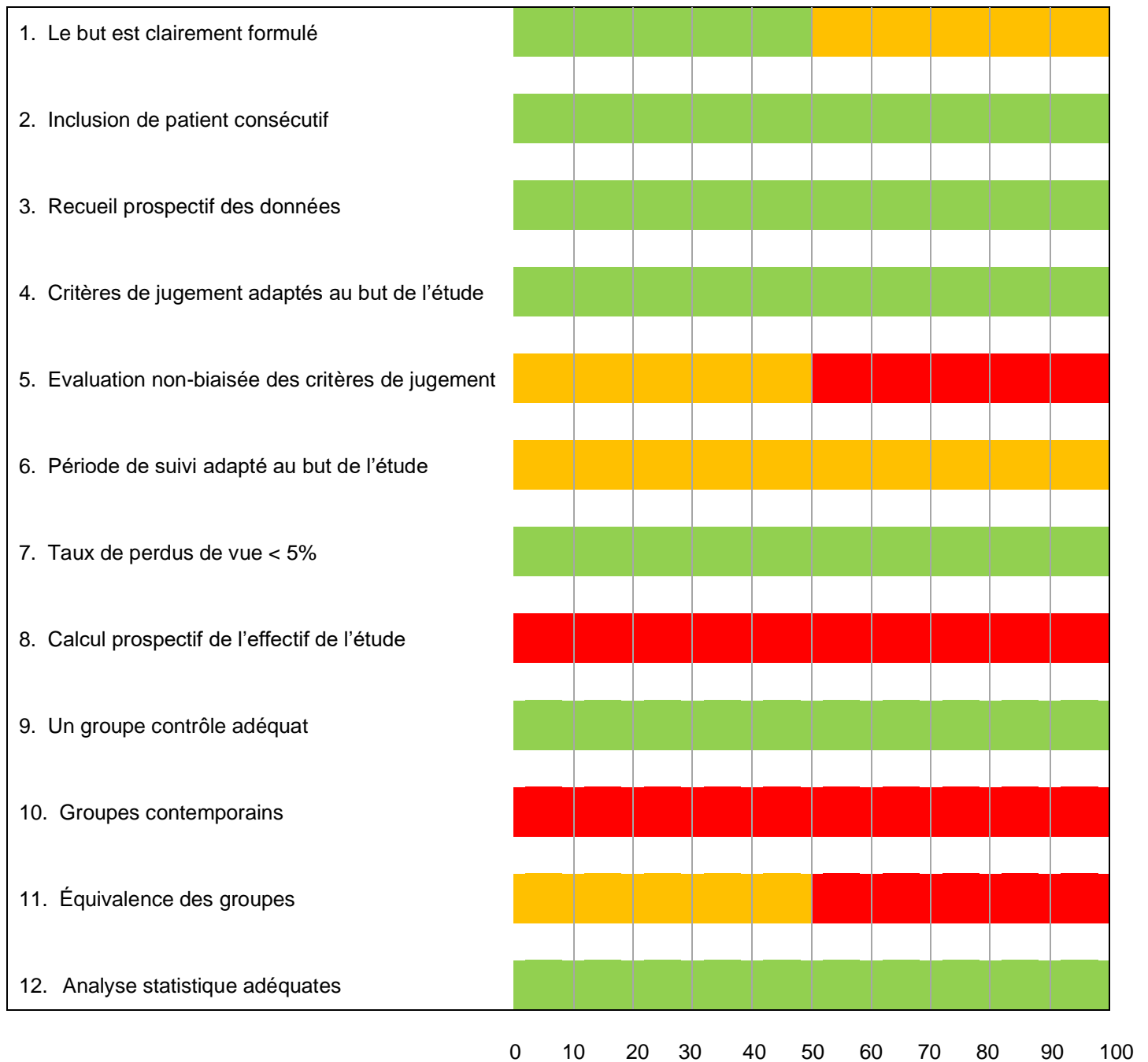
Dans les deux études, la contemporanéité des groupes n'est pas précisée et aucun calcul d'effectif n'est effectué à priori.

Pour les ECnR comme pour les ECR, les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt. Cette donnée n'est cependant pas mentionnée dans l'étude de *Ansari et al.*

Tableau 6 : *Risque de biais des études non randomisées selon l'échelle MINORS (52)*

	Kim et al., 2016 (57)	Kaur et Bhat, 2019 (59)
1. Le but est clairement formulé		
2. Inclusion de patients consécutifs		
3. Recueil prospectif des données		
4. Critères de jugement adaptés au but de l'étude		
5. Evaluation non-biaisée des critères de jugement		
6. Période de suivi adapté au but de l'étude		
7. Taux de perdus de vue < 5%		
8. Calcul prospectif de l'effectif de l'étude		
9. Un groupe contrôle adéquat		
10. Groupes contemporains		
11. Équivalence des groupes		
12. Analyse statistique adéquates		
<u>Score</u>	15/24	17/24

Figure 5 : Risque de biais à travers l'ensemble des études et par items de l'échelle MINORS



III.4. Synthèse des résultats

Au cours des différentes études, 10 enfants ont été exclus : 2 d'entre eux pour cause de problèmes de santé et les 8 pour incapacité à remplir la sous-échelle d'interaction sociale (trop grand déficit de communication verbale). De plus, les études comptent 3 perdus de vue, puisqu'ils ont quitté le programme ou ne se sont pas présentés aux différents tests finaux. Par conséquent, la partie résultat analysera les mesures finales de 124 enfants.

III.4.1. Effets de l'activité physique sur l'équilibre

Pour rappel, 3 études évaluent séparément l'effet de l'activité physique sur l'équilibre statique et sur l'équilibre dynamique (*Kim et al., 2016 ; Najafabadi et al., 2018 ; Ansari et al., 2021*), tandis que les 2 autres ont choisi d'évaluer l'effet sur l'équilibre de manière globale (*Kaur et Bhat, 2019 ; Sarabzadeh et al., 2019*).

L'ensemble des 5 études propose une évaluation de cette compétence à l'inclusion, puis après l'intervention. Aucune d'entre elles n'évalue l'évolution de cet équilibre dans le temps, c'est-à-dire quelques jours ou semaines après l'intervention.

En ce qui concerne l'équilibre statique, *Kim et al.* ($p < 0.05$), *Najafabadi et al.* ($p = 0.009$) et *Ansari et al.* ($p = 0.012$ et $p = 0.001$) s'accordent sur une différence significative entre le groupe intervention et le groupe contrôle en faveur du groupe intervention. *Najafabadi et al.* apportent une précision en démontrant qu'une intervention de karaté améliore significativement plus l'équilibre des enfants atteints de TSA qu'une intervention aquatique ($p = 0.001$). L'étude de *Kim et al.* montre une amélioration significative de l'équilibre statique sur une jambe, dans certaines conditions seulement ($p < 0.05$).

Dans les mêmes études de *Najafabadi et al.* et *Ansari et al.*, ces résultats coïncident avec ceux concernant l'équilibre dynamique. En effet, une différence significative de l'équilibre dynamique est montrée avant et après une intervention d'activité physique entre les groupes intervention et contrôle, toujours en faveur du groupe intervention ($p = 0.009$; $p = 0.012$; $p = 0.001$). Encore une fois, un programme de karaté se montre plus efficace qu'un programme d'exercices aquatiques ($p = 0.001$). Cependant, l'étude de *Kim et al.* contredit ces données

en ne montrant aucune différence significative avant et après intervention dans le groupe intervention ($p > 0.05$).

Enfin en terme d'équilibre général, les résultats semblent partagés. Même si l'étude de *Sarabzadeh et al.* montre une amélioration significative de l'équilibre suite à l'intervention dans le groupe expérimental, et plus importante que dans le groupe contrôle ($p < 0.001$), l'étude de *Kaur et Bath* ne trouve pas de changement significatif entre le début et la fin de l'intervention pour le groupe intervention et pour le groupe contrôle.

Ainsi en majorité, l'analyse des études incluses dans la revue systématique tend à valider l'hypothèse énoncée précédemment : **une intervention d'activité physique procure un effet positif sur l'équilibre statique et/ou dynamique des enfants atteints de TSA.**

Afin de rendre plus agréables la lecture et la compréhension des résultats de chaque étude, ces derniers ont été répartis dans 3 tableaux distincts sur l'équilibre statique (*Tableau 7*), l'équilibre dynamique (*Tableau 8*) et l'équilibre général (*Tableau 9*).

Tableau 7 : Résultats des études : équilibre statique

Études	Intervention	Outils d'évaluation	Résultats	
			Données	p-valeur (p)
Kim et al., 2016	Taekwondo 8 semaines	Position statique bipodale et unipodale (secondes)		Plus grande diminution du balancement les yeux fermés sur la jambe droite pour le GI que le GC (p = 0.046). Diminution significative du balancement sur la jambe gauche les yeux ouverts dans le GI (p = 0.014). Pas de changement significatif avant et après I pour le GC.
Najafabadi et al., 2018	Programme SPARK 12 semaines	BOTMP	<u>Moyenne avant I</u> • GC : 1,64 • GI : 1.41 <u>Moyenne après I</u> • GC : 2 • GI : 3.41	<u>Comparaison inter-groupe après I</u> p = 0.009 <u>Comparaison intra-groupe</u> • GC : p < 0,001 • GI : p < 0,001
Ansari et al., 2021	Exercices Aquatiques VS Karaté 10 semaines	Stork Standing test modifié (secondes)	<u>Moyenne avant I</u> • GC : 4.30 • GA : 4.20 • GK : 4.50 <u>Moyenne après I</u> • GC : 4.50 • GA : 6.00 • GK : 6.80	<u>Comparaison inter-groupe après I</u> (KG > AG > CG) : p = 0.001 (AG > CG) : p = 0.012 (KG > CG) : p = 0.001 <u>Comparaison intra-groupe</u> ND

Abréviations : GA : groupe aquatique ; GC : groupe contrôle ; GI : groupe intervention ; GK : groupe karaté ; I : intervention ; p : p-valeur ; ND : non disponible

Tableau 8 : Résultats des études : équilibre dynamique

Études	Intervention	Outils d'évaluation	Résultats	
			Données	p-valeur (p)
Kim et al., 2016	Taekwondo – 8 semaines	SQT		Pas de différence significative avant et après I dans GI.
Najafabadi et al., 2018	Programme SPARK – 12 semaines	BOTMP	<u>Moyenne avant I</u> • GC : 0.5 • GI : 0.58 <u>Moyenne après I</u> • GC : 0.28 • GI : 1.75	<u>Comparaison inter-groupe après I</u> p = 0.001 <u>Comparaison intra-groupe</u> • GC : p = 0,001 • GI : p = 0,001
Ansari et al., 2021	Exercices Aquatiques VS Karaté – 10 semaines	Heel-to-toe walking test (0-15 pas)	<u>Moyenne avant I</u> • GC : 7.00 • GA : 7.20 • GK : 6.40 <u>Moyenne après I</u> • GC : 6.70 • GA : 9.60 • GK : 13.00	<u>Comparaison inter-groupe après I</u> (KG > GA > CG) : p = 0.001 (GA > CG) : p = 0.012 (KG > CG) : p = 0.001 (KG > GA) : p = 0.001 <u>Comparaison intra-groupe</u> ND

Abréviations : **GA** : groupe aquatique ; **GC** : groupe contrôle ; **GI** : groupe intervention ; **GK** : groupe karaté ; **I** : intervention ; **ND** : non disponible ; **p** : p-valeur ;

Tableau 9 : Résultats des études : équilibre général

Études	Intervention	Outils d'évaluation	Résultats	
			Données	p-valeur (p)
Kaur et Bhat, 2019	Yoga – 8 semaines	BOT-2	Amélioration de l'équilibre pour les deux groupes intervention et contrôle (résultats présentés sous forme d'histogramme). Amélioration plus forte pour le groupe intervention.	Pas de changement significatif entre le début et la fin de l'intervention pour le groupe intervention et pour le groupe contrôle (p ND)
Sarabzadeh et al., 2019	Tai Chi – 6 semaines	MABC-2 (% un pourcentage haut signifiant des troubles moteurs importants)	<u>Moyenne avant I</u> <ul style="list-style-type: none"> • GC : 62.58 • GI : 60.73 <u>Moyenne après I</u> <ul style="list-style-type: none"> • GC : 64.81 • GI : 14.81 	<u>Comparaison inter groupe après I</u> <p>p <0.001</p> <u>Comparaison intra groupe</u> <ul style="list-style-type: none"> • GC : p = 0.05 • GI : p <0.001

Abréviations : **GC** : groupe contrôle ; **GI** : groupe intervention ; **I** : intervention ; **ND** : non disponible ; **p** : p-valeur

III.4.2. Résultats concernant les capacités d'interaction sociale

Le second objectif de cette revue systématique est d'évaluer l'efficacité d'une intervention d'activité physique sur les capacités d'interaction sociale des enfants atteints de TSA. Ce critère est évalué par 3 études : *Bahrami et al.* (2015), *Najafabadi et al.* (2018), *Sansi et al.* (2020).

Excepté pour *Sansi et al.* qui ne démontrent aucune différence significative entre le groupe intervention et le groupe contrôle ($p > 0.05$), les comparaisons inter-groupes montrent un développement des compétences sociales significativement plus important dans le groupe intervention que dans le groupe contrôle ($p = 0.01$). Les comparaisons intra-groupes n'ont été rapportées que dans l'étude de *Bahrami et al.*, qui suggèrent une amélioration significative des capacités sociales des enfants grâce à l'activité physique ($p < 0.001$). Cette étude ajoute une donnée importante : les résultats sont significativement inchangés un mois après l'intervention, ce qui tend vers une efficacité à long terme de ce traitement.

Ces données laissent à penser une validation de l'hypothèse suivante : **une intervention d'activité physique auprès des enfants atteints TSA améliore les capacités sociales de ces derniers.**

Les résultats issus des différentes études sont synthétisés dans le *Tableau 10*.

Tableau 10 : Résultats des études : interactions sociales

Études	Intervention	Outils d'évaluation	Résultats	
			Données	p-valeur (p)
<i>Bahrami et al., 2015</i>	Karaté 14 semaines	GARS- 2	<u>Moyenne avant I</u> • GC : 20.91 • GI : 21.36 <u>Moyenne après I</u> • GC : 20.36 • GI : 15.18 <u>Moyenne après 1 mois</u> • GC : 20.36 • GI : 16.00	<u>Comparaison inter-groupe après I</u> p = 0.01 <u>Comparaison intra-groupe</u> • GC : p = 0.49 • GI : p < 0.001 Les résultats sont significativement inchangés au bout d'un mois dans les deux groupes (p < 0.001).
<i>Najafabadi et al., 2018</i>	Programme SPARK 12 semaines	GARS-2 (un score élevé signe une plus grande importance des troubles)	<u>Moyenne avant I</u> • GC : 19.14 • GI : 20.25 <u>Moyenne après I</u> • GC : 21.28 • GI : 14.58	<u>Comparaison inter-groupe après I</u> p = 0.01 <u>Comparaison intra-groupe</u> ND
		ATEC (un score élevé signe une plus grande importance des troubles).	<u>Moyenne avant I</u> • GC : 10.78 • GI : 10.54 <u>Moyenne après I</u> • GC : 10.85 • GI : 5.54	<u>Comparaison inter-groupe après I</u> p = 0.01 <u>Comparaison intra-groupe</u> ND

Sansi et al., 2020	Programme d'activité physique inclusif 12 semaines	SSRS-PF		Pas de différence significative à la fin de I entre le GI et le GC ($p > 0.05$).
---------------------------	---	---------	--	--

Abréviations : **GC** : groupe contrôle ; **GI** : groupe intervention ; **I** : intervention ; **ND** : non disponible ; **p** : p-valeur

IV. Discussion

À notre connaissance, cette revue est la seule à s'intéresser à l'intérêt d'une pratique de l'activité physique dans la prise en charge des troubles de l'équilibre des enfants atteints de TSA. Secondairement, cette revue s'est concentrée sur le déficit de capacités d'interaction sociale de ces enfants.

La recherche d'articles a mené à l'inclusion de 7 études qui répondaient aux critères d'inclusion. Chacune d'elles comparait un traitement cible du groupe expérimental au traitement du groupe contrôle. Pour 5 d'entre elles, les sujets étaient distribués aléatoirement dans un des deux groupes par une randomisation.

IV.1. Interprétation des résultats

IV.1.1. Amélioration de l'équilibre

L'équilibre des enfants atteints de TSA est évalué par 6 des études incluses (*Kim et al., 2016 ; Najafabadi et al., 2018 ; Kaur et Bhat, 2019 ; Sarabzadeh et al., 2019 ; Ansari et al., 2021*). Les résultats de ces études ont majoritairement mis en évidence un effet positif de l'activité physique sur les troubles de l'équilibre (*Ansari et al., Najafabadi et al., Sarabzadeh et al., Kim et al.*). En effet, une amélioration de l'équilibre a été constatée dans les différents groupes d'intervention. Cette amélioration s'est vue plus importante dans les groupes intervention que dans les groupes contrôle. Ces résultats attestent d'une efficacité clinique significative de l'intervention sur les troubles d'équilibre des enfants TSA.

Les résultats de ces articles vont dans le sens de la littérature déjà existante sur le sujet. En effet, des preuves de l'amélioration de l'équilibre suite à une intervention d'activité physique similaire sont établies dans d'autres populations. Dans leur étude de 2013, *Vando et al.* reconnaissent une amélioration du balancement postural après une intervention de karaté chez des adolescents au développement sain (62). Les mêmes résultats ont été retrouvés après un programme de taekwondo chez des enfants atteints de troubles de la coordination et du développement (TCD). Cela est d'autant plus pertinent que les enfants avec TCD présentent des similitudes avec les troubles de l'équilibre et les retards moteurs des enfants

atteint de TSA (63). Plusieurs études montrent l'efficacité d'une intervention de Tai Chi Chuan sur le développement de l'équilibre et le contrôle postural, notamment chez les personnes âgées, des personnes avec des pathologies du SNC (sclérose en plaque particulièrement) et les enfants atteints de déficiences intellectuelles (66,67,68). Le yoga quant à lui se montre bénéfique pour l'équilibre, notamment chez les patients parkinsoniens ainsi que chez la personne âgée (69,70). Enfin, la natation se montre efficace sur l'équilibre dans plusieurs conditions sensorielles en particulier dans la population âgée (69). D'après les travaux de *Baccouch et al.* chez des jeunes adolescents âgés de 11 à 13 ans, la natation a un impact bénéfique sur l'équilibre bipodal dans les conditions sensorielles yeux ouverts et yeux fermés (70).

Malgré un manque de littérature concernant son efficacité sur l'équilibre dans une quelconque autre population, le programme SPARK montre son efficacité dans la population infantile, notamment en termes de force musculaire et d'endurance cardiovasculaire (71).

Parmi les 6 études, 3 se concentrent sur l'efficacité d'un **art martial** et toutes montrent un effet significativement favorable de ce dernier. Les travaux de *Ansari et al.* apportent une précision en montrant une efficacité significativement plus importante pour une intervention de karaté que pour une intervention aquatique. Plusieurs mécanismes peuvent être à l'origine de ce constat :

1. D'après les travaux de *Fong et al.*, une intervention de 3 mois de Taekwondo permet d'améliorer la force musculaire des membres inférieurs, notamment des muscles extenseurs de genou (quadriceps). En plus d'offrir un meilleur verrouillage de genou en extension et de contribuer à une meilleure stabilité de genou, les muscles extenseurs des membres inférieurs font partie des principaux muscles anti-gravitaires du corps humain. Par définition, ils contribuent à lutter contre l'action de la gravité et jouent un rôle crucial dans le contrôle de l'équilibre (10). L'efficacité de l'activité physique au sens large sur le renforcement des membres inférieurs étant actuellement reconnue, cette explication peut donc être généralisée à l'ensemble de l'activité physique.
2. Les enchainements de coups de pieds constituent une part importante des entraînements proposés par les interventions étudiées (*Kim et al. et Ansari et al. 2021*), et sont une technique propre aux arts martiaux. La répétition de ces enchainements favoriserait l'apprentissage des stratégies d'ajustement postural et un alignement correct des segments posturaux et faciliterait la réalisation des tests en unipodal (63).

3. Enfin, la pratique des arts martiaux s'inscrit dans un processus global qui inculque un certain nombre de valeurs telles que le respect, la discipline mais surtout l'estime de soi. Ainsi, le renforcement de la confiance en soi peut jouer un rôle dans la motivation et l'investissement des enfants dans l'intervention.

Lors de l'évaluation de l'équilibre statique en appui unipodal, les mesures peuvent être influencées par la **dominance de la jambe** sur laquelle le test a été réalisé. C'est le cas par exemple de l'étude de *Kim et al.*, où la jambe dominante a été définie grâce au test du lancer de ballon : le pied avec lequel les enfants frappaient instinctivement la balle définissait la jambe dominante. Les auteurs ont alors constaté que les enfants étaient moins à l'aise sur leur jambe dominante que sur leur jambe d'appui lors de l'entraînement au Taekwondo. Or dans l'étude de *Ansari et al.*, l'évaluation de l'équilibre unipodal n'est faite que sur la jambe dominante. D'après la réflexion de *Kim et al.*, l'amélioration de l'équilibre aurait pu être plus intéressante si l'évaluation avait été réalisée sur les deux jambes. Pour ne pas influencer les résultats d'une quelconque manière, il aurait été intéressant d'effectuer les mesures sur les deux jambes.

L'activité physique étudiée dans cette revue comprenait également une intervention basée sur la **natation** (*Ansari et al.*). Dans la littérature, l'hydrothérapie semble intéressante pour apporter une prise en charge adaptée aux personnes atteintes de TSA. En effet elle représente une activité stimulante d'un point de vue sensoriel. Le contact avec l'eau, sa température ainsi que la stimulation de l'appareil vestibulaire par les exigences d'orientation sont autant de stimuli nécessaires au développement des structures sensorielles déficitaires dans l'autisme (72). D'un point de vue moteur, les caractéristiques physiques propres à l'eau (flottabilité, densité) réduisent les contraintes de la gravité sur le corps humain et rendent le contrôle postural plus facile, tout en promouvant un renforcement musculaire efficace (74,75). Entre autres, *Pan et al.* et *Yilmaz et al.* démontrent une amélioration de la force et de l'endurance musculaire chez des enfants neurotypiques et atteints de TSA (76,77). Dans leur étude de cas portant sur un enfant de 9 ans diagnostiqué TSA, *Yilmaz et al.* retrouvent également une diminution des mouvements et comportements stéréotypés tels que le balancement et l'écholalie (75).

Dans la littérature, un intérêt indéniable des participants pour les activités aquatiques est mis en avant (57,76,77). La natation semble ainsi être une activité adorée par la plupart des

enfants avec TSA. Les propriétés de l'eau citées précédemment sembleraient en effet apporter un environnement sûr et agréable aux enfants atteints de TSA (72).

Parmi les études, seule celle de *Kaur et Bhat* ne montre aucune amélioration significative de l'équilibre suite à une intervention d'activité physique. Quand bien même une amélioration dans la sous-échelle de l'équilibre est notée, celle-ci se montre minime.

Dans cette étude, en utilisant la partie consacrée à l'équilibre de l'échelle BOT-2, les auteurs ont choisi de ne pas distinguer l'équilibre statique de l'équilibre dynamique dans les résultats. En effet le score obtenu après évaluation par le BOT-2 mélange les capacités d'équilibre statique et dynamique. Or lors de l'intervention de yoga, les enfants étaient majoritairement entraînés à l'équilibre statique, de par l'imitation des poses et postures statiques présentées par l'animateur. Il se peut alors que les enfants aient amélioré leur équilibre statique au détriment du dynamique, et aient obtenus un score moyen plus faible.

Dans la population infantile avec TSA, l'activité physique s'est déjà montrée efficace dans le domaine moteur. *Pan et al.* ont montré l'efficacité d'une intervention d'activité physique sur les capacités motrices (force, agilité et coordination) et les fonctions exécutives (76). En 2019, *Battaglia et al.* réalisent une étude de 3 cas qui apporte la conclusion suivante : une intervention de 12 semaines basée sur la natation semble efficace pour encourager la motricité globale des enfants avec TSA (77). Pour toutes les raisons citées précédemment, **l'analyse des études incluses dans cette revue affinent ces données en montrant une efficacité de l'activité physique dans le développement de l'équilibre chez les enfants atteints de TSA.**

IV.1.2. Amélioration des capacités d'interaction sociale

L'efficacité de l'activité physique sur les capacités d'interaction sociale des enfants atteints de TSA a été objectivée par 3 des études analysées (*Bahrami et al.*, 2015, *Najafabadi et al.*, 2018, *Sansi et al.*, 2020).

Les résultats qui en ressortent sont assez controversés. En effet contrairement à *Sansi et al.*, les études de *Bahrami et al.* et *Najafabadi et al.* constatent une évolution significativement favorable des déficits d'interaction sociale et de communication suite à une intervention d'activité physique.

Ce constat est d'autant plus surprenant que l'étude de Sansi et al. propose un programme d'activité inclusif, c'est-à-dire adapté aux enfants avec des besoins spécifiques. De plus dans ce programme, les auteurs ont insisté sur la mise en place d'activités en groupes pour favoriser au maximum la communication entre les enfants. De la même manière une attention toute particulière est portée aux contacts physiques entre les élèves. Cependant même si l'étude de *Sansi et al.* ne montre pas de changement significatif dans les capacités d'interaction des enfants, les données qualitatives obtenues lors de l'entretien des parents et des professeurs de classe montrent tout de même une tendance à l'amélioration. D'après ces entretiens les enfants sont plus sociables, moins solitaires, plus communicants et plus compréhensibles dans leur discours.

En plus des enfants atteints de TSA, *Sansi et al.* ont choisi d'intégrer un groupe contrôle et un groupe intervention d'enfants au développement typique (TD). Chaque groupe a reçu l'intervention ou le contrôle séparément (les enfants TSA n'étaient pas mélangés aux enfants TD au sein des groupes). Ainsi les résultats obtenus par les enfants TSA du groupe intervention ont été comparés à ceux de trois groupes :

- Le groupe contrôle des enfants atteints de TSA ;
- Le groupe intervention des enfants TD ;
- Le groupe contrôle des enfants atteints de TD.

Depuis plusieurs années déjà les auteurs se sont intéressés aux bénéfices que pourrait apporter la participation à un **programme inclusif** chez des enfants avec et sans handicap. C'est le cas de l'étude de *Ozer et al.* de 2012, dans laquelle 23 enfants souffrant d'une déficience intellectuelle (DI) et 23 enfants au QI normal ont suivi une intervention basée sur l'activité physique. Au bout de 8 semaines d'intervention les enfants avec DI ont obtenu des scores de compétences sociales similaires aux enfants lambda. L'intervention a montré une amélioration des capacités sociales des enfants avec et sans déficience et une diminution des problèmes comportementaux des enfants avec DI (78).

Sansi et al. ont également évalué qualitativement la perception des enfants atteints de TSA par leurs pairs TD en les interrogeant. Malgré le fait que les enfants TD avaient peur de leurs camarades au début de l'intervention et étaient réfractaires au fait de passer du temps en leur compagnie, ces derniers se montrent beaucoup plus avenants avec eux à la fin du programme, communiquent mieux avec et aiment passer du temps au sein du groupe (61).

Ces résultats concordent avec la précédente étude de *Ozer et al.* de 2012, dans laquelle les enfants lambda ont amélioré leurs attitudes envers les enfants atteints de DI (78).

Ces résultats pourraient apporter une explication supplémentaire au développement des capacités sociales des enfants avec TSA. D'après la littérature, le fait de participer à un programme inclusif regroupant des enfants avec et sans déficience renforcerait positivement **l'estime de soi** des enfants en situations de handicap. En effet en réalisant des activités au même titre que leurs pairs, les enfants avec déficiences se sentent aussi « capables » que les enfants TD (78). L'immersion au sein de leurs camarades leur permettrait également de reconnaître et d'en apprendre plus sur les normes sociales (78).

En favorisant l'acceptation des enfants avec handicap par les autres enfants, un programme d'activité physique inclusif pourrait offrir un environnement plus calme, plus serein aux enfants atteints de TSA et propice à leur épanouissement social. C'est d'ailleurs une des convictions du Ministère Chargé des Sports, qui tient à la mise en place d'une pratique inclusive pour les personnes victimes d'handicap (32). Cet aspect est entre autres un des points cruciaux abordés par la Stratégie Nationale pour l'Autisme de 2018 (33).

Nous retrouvons cette dimension de confiance en soi dans l'étude de *Bahrami et al.*, où les auteurs ont décidé d'installer une progression tout au long du programme. Pour cela, ils ont joué sur la durée des séances qui allait de 30 minutes initialement jusqu'à 90 minutes en fin d'intervention. Ainsi, les enfants réalisaient des séances de plus en plus compliquées en terme d'intensité, réussissaient des tâches plus complexes, ce qui peut jouer sur leur estime de soi.

Les conclusions de ces articles sont cohérentes avec les données actuelles de la communauté scientifique. D'un point de vue chimique, les personnes atteintes de TSA présentent un **dérèglement des circuits ocytocinergiques et sérotoninergiques**, avec une anomalie des taux d'hormones. En effet d'après les études, environ une personne atteinte de TSA sur 4 aurait un taux anormalement élevé de sérotonine sanguine, en lien avec leurs troubles du comportement (79). La population avec TSA, notamment infantile, aurait également un taux moins élevé de sérotonine cérébrale, altérant son rôle de neurotransmetteur (81,(81). La sérotonine est une hormone impliquée dans la régulation de l'humeur, de la dépression, du comportement et de l'anxiété (82). L'ocytocine quant à elle

est une hormone synthétisée par l'hypothalamus tenant une place importante dans les relations avec les autres en favorisant le sentiment d'attachement et le lien social (83).

Entre autres, l'ocytocine aide à la reconnaissance des émotions chez nos pairs, ce qui joue un rôle dans la compréhension des autres et le sentiments d'empathie (84). *Guastella et al.* confirment cette hypothèse dans la population des TSA, notamment chez des jeunes âgés de 12 à 19 ans atteints de TSA (85).

De ce fait, plusieurs études se sont intéressées à l'effet que pourrait apporter un traitement d'ocytocine ou de sérotonine sur le comportement social des personnes atteintes de TSA. C'est le cas de *Andari et al.* qui montrent en 2010 une amélioration de l'interaction sociale après intervention d'administration d'ocytocine, en améliorant le contact et visuel et en diminuant la peur de l'autre (86). Les travaux de *Hollander et al.* ont montré une amélioration des comportements répétitifs et de la sévérité des troubles des adultes atteints de TSA suite à l'administration de fluoxétine, un antidépresseur rééquilibrant le système sérotoninergique au niveau du cerveau (87).

Depuis peu, certaines études montrent un effet positif de l'activité physique sur le métabolisme et la synthèse de certaines hormones, en particulier l'ocytocine et la sérotonine (88). Ainsi en régulant le taux d'hormones, l'activité physique contribue à l'amélioration des capacités sociales et de la communication dans le TSA.

Les résultats des analyses incitent donc à considérer l'activité physique comme une technique d'intérêt dans la prise en charge des troubles de la communication et des interactions sociales des enfants atteints de TSA. Cependant étant donné la faible durée de suivi des interventions proposées (uniquement un mois de suivi pour l'étude de *Bahrami et al.*), il est impossible de considérer l'activité physique comme efficace sur le long terme.

IV.2. Limites des études

Les études incluses dans la revue présentent différents biais :

- **Biais de performance** : le caractère secret de l'assignation des sujets n'étant pas précisé dans les 7 études, un biais de performance est possible. Ces biais sont également potentiellement décelés à cause du manque d'aveuglement des patients et des thérapeutes concernant la répartition des sujets dans les différents groupes.

- **Biais de détection** : à l'exception de l'étude de *Najafabadi et al.*, le non-aveuglement des évaluateurs entraîne des potentiels biais de détection.

La comparaison des articles entre eux et la généralisation à plus grande échelle sont discutables compte tenu de la grande variabilité des protocoles d'activité physique proposés.

En effet les programmes varient en fonction :

- Du **type d'activité physique** ;
- De **la durée du programme** ;
- De **la durée des séances** ;
- Du **nombre de séances par semaine**.

Les articles varient aussi vis-à-vis de **l'intervention proposée aux groupes contrôle**. En effet tous les articles proposent aux groupes contrôle de ne suivre aucune intervention et de poursuivre leur routine quotidienne, à l'exception des articles de *Bahrami et al.* et *Kaur et Bhat* qui proposent respectivement une intervention éducative et une intervention basée sur des activités pratiquées en milieu scolaire.

Comme dit précédemment, il semble compliqué d'interpréter les résultats en raison des variations dans les durées et intensités des interventions. En effet le programme SPARK est le plus long des programmes proposés (12 semaines contre 6 pour le Tai chi et 10 pour Karaté vs Aquatique). Malgré le fait que le programme de Tai Chi Chuan se révèle être plus intense (3h d'entraînement par semaine contre 2h en moyenne pour les autres programmes), celui-ci ne propose que 18h d'activité physique au total contre 24h dans l'étude de *Najafabadi et al.* Cette différence de durée et d'heures proposée aux enfants pourrait expliquer la différence de progression de ces derniers. Par exemple, *Kim et al.* ne retrouvent aucune différence significative quant à l'équilibre dynamique et l'équilibre statique en appui bipodal après une intervention de 8 semaines de Taekwondo. Cependant une tendance à l'amélioration est notée. Nous pouvons nous demander si la courte durée de l'intervention n'a pas limité l'importance de l'amélioration. Il est possible qu'après une intervention plus longue, l'amélioration devienne significative.

Concernant **la population**, les études évaluent majoritairement l'efficacité de l'intervention dans la population masculine (au moins 99 garçons contre 12 filles). Cela pourrait s'expliquer par le fait que dans la population, les TSA sont plus fréquents chez les garçons que chez les

filles avec un ratio de 3 garçons pour 1 fille (89). Cependant cette proportion ne correspond pas à la population des études analysées : pour 99 garçons, il aurait fallu environ 33 filles. Les résultats ne permettent donc pas de conclure une efficacité de l'intervention chez les enfants de sexe féminin, la population de ces derniers n'étant pas suffisamment analysée.

La **taille des échantillons** des différentes études est relativement petite (c'est notamment le cas dans l'étude de *Kim et al.* qui ne compte que 14 participants), ce qui rend la généralisation des résultats à l'ensemble de la population délicate. De plus, aucune des études analysées ne dispose d'un calcul de l'effectif à priori. De même, les calculs de taille d'effet ne sont pas effectués. Même si l'efficacité de l'intervention est reconnue, il est impossible de donner l'ampleur de l'efficacité.

Les études rencontrent également des limites en rapport avec **l'effet à long terme de l'intervention**. Seule l'étude de *Bahrami et al.* propose un suivi avec une nouvelle évaluation du critère de jugement un mois après la dernière session d'intervention. Pour les autres, le suivi s'arrête juste après la dernière séance du programme. Pour ces études, même si l'intervention paraît efficace sur les différents critères de jugement immédiatement après l'intervention, il n'est pas possible d'affirmer que les bénéfices obtenus grâce à l'activité physique perdurent dans le temps.

L'utilisation **d'outils d'évaluation** différents dans les études constitue également un frein à la comparaison des résultats. En raison du manque de littérature sur le sujet, cette revue n'a pas pu se permettre de sélectionner des articles avec les mêmes outils d'évaluation. Ainsi, seul le duo *Najafabadi et al.* *Bahrami et al.* utilise la même échelle d'évaluation, soit GARS-2. Bien que nous puissions conclure sur l'efficacité de l'activité physique puisque la majorité des résultats montrent une amélioration significative, il aurait été intéressant de pouvoir comparer les différents types d'activité physique proposés (natation, arts martiaux, yoga ou programmes sportifs) pour savoir laquelle serait la plus à-même d'apporter des bénéfices en pratique.

Toujours en lien avec l'outil d'évaluation utilisé, *Bahrami et al.* et *Najafabadi et al.* ont fait réaliser l'évaluation des compétences sociales par des examinateurs professionnels grâce aux échelles ATEC et GARS-2. De plus dans l'étude de *Najafabadi et al.*, les examinateurs n'avaient pas connaissance de la répartition des groupes lors de l'évaluation, ce qui les rend

encore plus objectifs. L'étude de *Sansi et al.* utilise quant à elle la partie du questionnaire SSRS destinée aux parents. Avec ce formulaire, l'évaluation se base sur la perception des parents vis-à-vis du comportement social de leur enfant. Or au moment du remplissage du questionnaire, la perception des parents a pu être influencée par différentes choses : leur implication dans le programme ainsi que celle de leur enfant, leurs attentes vis-à-vis de l'intervention, leur émotion à l'instant T... De ce fait les réponses peuvent être moins objectives, plus nuancées ce qui peut limiter l'ampleur des améliorations notées.

IV.3. Limites des résultats de la revue systématique

La première limite de cette revue est liée aux niveaux de preuves plutôt faibles des études incluses. En effet 4 ECR sont de niveau de preuves 2, tout comme l'ECnR de *Kaur et Bath*, qui ne comporte pas de biais majeurs. En revanche, l'étude de *Kim et al.* correspond à un niveau de preuves 4. Cette moindre qualité d'article est liée à la faible quantité de littérature existant sur le sujet. En effet afin de récolter un nombre suffisant d'articles permettant de répondre à la question de recherche et répondant à l'ensemble des critères, il a fallu étendre la recherche aux ECnR, de moins haut niveau de preuves par définition.

Au cours du processus de sélection, la revue a rencontré une autre limite : parmi les articles dont le titre et résumé semblaient pertinents, beaucoup n'étaient pas disponibles en intégralité.

Finalement, le risque de biais de notre revue systématique a été évalué selon l'échelle AMSTAR 2 (*Annexe 9*). L'une des principales limites relevées est la réalisation des étapes de sélection et d'analyse des articles par un seul opérateur. D'après cette échelle, la qualité méthodologique d'une revue repose en partie sur la réalisation de ces étapes par deux évaluateurs conduisant à un consensus.

Les sources de financement des études n'apparaissent pas dans cette revue. Par ailleurs, il n'existe aucun conflit d'intérêt dans la construction de cette revue.

IV.3. Perspectives de mises en pratique

Nous avons déjà mis en lumière l'importance de l'équilibre dans l'acquisition de toutes les capacités motrices indispensables à la vie quotidienne. Les troubles de l'équilibre pourraient apporter et accentuer un grand nombre d'handicaps dans la vie des TSA, en créant des limitations d'activités (par exemple marcher et courir sans chuter, sauter, monter les escaliers, effectuer des activités en double-tâche...) et des restrictions de participation (se rendre au travail, se promener sur de longues durées, entretenir une vie sociale fournie...).

En pratique, la rééducation de ces troubles semble donc être un point crucial dans la prise en charge de ces enfants. Les résultats de notre revue montrent une efficacité certaine de l'activité physique sur les troubles de l'équilibre des enfants atteints de TSA. Ces résultats montrent des tendances quant à la mise en pratique de l'activité physique en rééducation :

- L'efficacité de la natation sur les troubles de l'équilibre est démontrée par l'étude de *Ansari et al.* et des récents travaux montrent des bénéfices moteurs et comportementaux (75). De plus, l'intérêt que portent les enfants atteints de TSA à la natation est maintenant avéré. Pour les centres de rééducation accueillants des enfants aux besoins spécifiques comme les TSA, tels qu'un Institut Médico-Éducatif (IME) ou un Institut d'Éducation motrice (IEM) qui disposent bien souvent d'une salle de balnéothérapie, il sera intéressant d'inclure cette activité pour augmenter la rééducation des troubles de l'équilibre.
- Les résultats de *Sansi et al.* montrent qu'il est intéressant de proposer aux enfants avec TSA de partager les séances d'activité physique avec des enfants au développement sain dans le but d'améliorer leurs capacités de communication et d'interaction sociale. Pour le masseur-kinésithérapeute, ces résultats suggèrent l'intérêt de se former à la gestion des séances de groupe. S'il en a l'occasion, le rôle du masseur-kinésithérapeute pourra être d'informer les parents et les professeurs de l'enfant sur la nécessité et l'importance d'une activité physique inclusive, en mettant en avant toutes les capacités de l'enfant à suivre cette activité, dans les limites de son handicap.
- Concernant les arts martiaux, il a été démontré précédemment que l'efficacité de cette intervention repose en partie sur la réalisation de mouvements en unipodal, notamment

des coups de pied. Cela peut être facilement reproductible en pratique, en incorporant dans la prise en charge des exercices intégrant ces mouvements.

Cependant, des précisions devront être apportées par de prochains ECR pour déterminer le protocole optimal dans la prise en charge des troubles de l'équilibre avec de l'activité physique. En effet en regard de la diversité des protocoles proposés, il est compliqué pour cette revue de définir précisément quelles sont la durée et la fréquence adaptées des séances d'activité physique. De la même façon, même si l'activité physique au sens large est montrée ici comme bénéfique sur ce type de troubles, des ECR sont encouragés pour définir quel type d'activité physique entraîne les meilleurs résultats. Le but étant de procurer le protocole le plus détaillé et le plus efficace possible dans la rééducation des troubles de l'équilibre des enfants atteints de TSA.

V. Conclusion

En analysant la littérature, cette revue systématique démontre l'efficacité de l'activité physique sur l'équilibre (statique et dynamique) et les capacités d'interaction sociale des enfants atteints de TSA.

Cependant, au vu des limites présentées notamment dans la variabilité des protocoles, des précautions sont à prendre quant à la généralisation de ces résultats à une plus grande échelle. Afin de pallier le manque de littérature sur le sujet, de futurs travaux sont encouragés et devront suivre une méthodologie rigoureuse notamment en incluant un plus grand nombre de participants. Même si cette revue montre un effet bénéfique de l'activité physique, des ECR devront être réalisés pour déterminer l'impact à long terme de l'intervention et affirmer pleinement l'intérêt de l'activité physique dans la prise en charge.

La prise en charge des TSA est un travail sur la durée dans lequel la coopération de chacun est importante. Ainsi, si cette revue encourage des études déterminant quelle activité serait la plus efficace, il est important pour le kinésithérapeute de garder l'enfant au centre de la prise en charge. Même si les prochaines études s'accordent sur l'activité la plus efficace, il est important d'adapter celle-ci en fonction des goûts et préférences de l'enfant. En effet chez l'enfant, l'amusement et la motivation sont essentiels pour une alliance thérapeutique durable.

Cette prise en charge s'inscrit dans un modèle bio-psycho-social, dans lequel l'impact sur l'aspect social est une préoccupation. L'équilibre jouant un rôle crucial dans l'épanouissement moteur des enfants, cette revue apporte aux kinésithérapeutes un outil supplémentaire et indispensable à la prise en charge des enfants atteints de ces troubles.

Bibliographie

1. Crocq MA, Guelfi JD, American Psychiatric Association. DSM-5 ®: manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux. 2016.
2. Inserm. Autisme, un trouble du neurodéveloppemental affectant les relations interpersonnelles. [Internet]. Inserm - La science pour la santé. 2018. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/autisme>
3. Ha C, Chin F, Chan Chee C. Troubles du spectre de l'autisme : estimation de la prévalence à partir du recours aux soins dans le Système national des données de santé, France, 2010-2017. Bull Epidemiol Hebd. 2020;(6-7):136-43 [Internet]. Santé publique France. 2019. Disponible sur: http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/6-7/2020_6-7_2.html
4. Delobel-Ayoub M, Klapouszczak D, Tronc C, Sentenac M, Arnaud C, Ego A. La prévalence des TSA continue de croître en France : données récentes des registres des handicaps de l'enfant. Bull Epidemiol Hebd. 2020;(6-7): 128-35 [Internet]. Santé publique France. Disponible sur: http://beh.santepubliquefrance.fr/beh/2020/6-7/2020_6-7_1.html
5. Papagiannopoulou EA, Chitty KM, Hermens DF, Hickie IB, Lagopoulos J. A systematic review and meta-analysis of eye-tracking studies in children with autism spectrum disorders. Soc Neurosci. 2014;9(6):610-32.
6. Inserm (Salle de presse). Une piste pour rétablir la bonne intégration des informations sensorielles chez les autistes [Internet]. Inserm - La science pour la santé. 2014. Disponible sur: <https://presse.inserm.fr/une-piste-pour-retablir-la-bonne-integration-des-informations-sensorielles-chez-les-autistes/16789/>
7. Gallot C. La motricité dans le Trouble du Spectre de l'Autisme : la question du Trouble de l'Acquisition de la Coordination. État des connaissances et étude des performances motrices dans l'autisme de haut niveau. 15 mai 2014;158. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01061346>.
8. OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Principaux repères sur l'autisme, [Internet]. OMS. 2021. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
9. Haute Autorité de Santé G. Recommandations de bonne pratique - Troubles du Spectre de

l'Autisme : signes d'alerte, repérage, diagnostic et évaluation chez l'enfant et l'adolescent. 2018 févr.

10. Paillard T. Posture et équilibration humaine. Louvain-la-Neuve; [Paris: De Boeck supérieur; 2016.
11. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? Clin Rehabil. august 2000;14(4):402-6.
12. Goïc ML. Etude du contrôle postural chez l'homme: analyse des facteurs neurophysiologiques, biomécaniques et cognitifs, impliqués dans les 500 premières millisecondes d'une chute. :316.
13. Nashner LM, McCollum G. The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis. Behav Brain Sci [Internet]. march 1985;8(1):135-50. Disponible sur: https://www.cambridge.org/core/product/identifiant/S0140525X00020008/type/journal_article
14. Duclos N, Duclos C, Mesure S. Contrôle postural : physiologie, concepts principaux et implications pour la réadaptation. EMC - Médecine Physique - Réadaptation. 16 août 2016;
15. Marco EJ, Hinkley LBN, Hill SS, Nagarajan SS. Sensory processing in autism: a review of neurophysiologic findings. Pediatr Res. may 2011;69(5 Pt 2):48R-54R.
16. Lim YH, Partridge K, Girdler S, Morris SL. Standing Postural Control in Individuals with Autism Spectrum Disorder: Systematic Review and Meta-analysis. J Autism Dev Disord [Internet]. july 2017;47(7):2238-53. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/s10803-017-3144-y>
17. Fournier KA, Kimberg CI, Radonovich KJ, Tillman MD, Chow JW, Lewis MH, et al. Decreased static and dynamic postural control in children with autism spectrum disorders. Gait & Posture [Internet]. may 2010;32(1):6-9. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636210000603>
18. Bhat AN, Landa RJ, Galloway JC. Current perspectives on motor functioning in infants, children, and adults with autism spectrum disorders. Phys Ther. july 2011;91(7):1116-29.
19. Bojanek EK, Wang Z, White SP, Mosconi MW. Postural control processes during standing and step initiation in autism spectrum disorder. J Neurodevel Disord [Internet]. dec 2020;12(1):1. Disponible sur: <https://jneurodevdisorders.biomedcentral.com/articles/10.1186/s11689-019-9305-x>
20. Molloy CA, Dietrich KN, Bhattacharya A. Postural Stability in Children with Autism Spectrum

Disorder. J Autism Dev Disord [Internet]. dec 2003;33(6):643-52. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1023/B:JADD.0000006001.00667.4c>

21. Organisation Mondiale de la Santé. Activité physique [Internet]. Organisation Mondiale de la Santé. 2020. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
22. ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation et du travail). Actualisation des repères du PNNS-Révisions des repères relatifs à l'activité physique et à la sédentarité. [Internet]. 2016. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2012SA0155Ra.pdf>
23. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Activité physique [Internet]. OMS. 2020. Disponible sur: https://www.who.int/dietphysicalactivity/physical_activity_intensity/fr/
24. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, et al. Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. Med Sci Sports Exerc. june 2016;48(6):1197-222.
25. Pan CY, Frey GC. Physical activity patterns in youth with autism spectrum disorders. J Autism Dev Disord. july 2006;36(5):597-606.
26. Trost SG, Pate RR, Sallis JF, Freedson PS, Taylor WC, Dowda M, et al. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. Med Sci Sports Exerc. february 2002;34(2):350-5.
27. Sorensen C, Zarrett N. Benefits of physical activity for adolescents with Autism Spectrum Disorders: A Comprehensive Review. Rev J Autism Dev Disord [Internet]. dec 2014;1(4):344-53. Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s40489-014-0027-4>
28. Lang R, Koegel LK, Ashbaugh K, Register A, Ence W, Smith W. Physical exercise and individuals with autism spectrum disorders: A systematic review. Research in Autism Spectrum Disorders [Internet]. oct 2010;4(4):565-76. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1750946710000073>
29. Healy S, Nacario A, Braithwaite RE, Hopper C. The effect of physical activity interventions on youth with autism spectrum disorder: A meta-analysis. Autism Res. june 2018;11(6):818-33.
30. Sallis JF, McKenzie TL, Alcaraz JE, Kolody B, Faucette N, Hovell MF. The effects of a 2-year physical education program (SPARK) on physical activity and fitness in elementary school students. Sports, Play and Active Recreation for Kids. Am J Public Health. august

1997;87(8):1328-34.

31. Mostafavi R, Ziaee V, Akbari H, Haji-Hosseini S. The Effects of SPARK Physical Education Program on Fundamental Motor Skills in 4-6 Year-Old Children. Iran J Pediatr [Internet]. april 2013;23(2):216-9. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3663316/>
32. Ministère Chargé des Sports. Stratégie Nationale Sport et Handicaps 2020-2024. 2020.
33. Secrétariat d'État chargé des personnes handicapées. Stratégie Nationale pour l'Autisme au sein des troubles du neuro-développement. 2018.
34. Baccouch R, Rebai H, Sahli S. Kung-fu versus swimming training and the effects on balance abilities in young adolescents. Phys Ther Sport. nov 2015;16(4):349-54.
35. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ [Internet]. march 2021;n71. Disponible sur: <https://www.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmj.n71>
36. Rigal R. Test de Bruininks-Oseretsky, deuxième version (BOT-2). 2005.
37. Gharaei et al. The Validity and Reliability of the Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2nd Edition Brief Form, in Preschool Children. Annals of Applied Sport Science [Internet]. 2019;7(2):3-12. Disponible sur: <http://aassjournal.com/article-1-581-en.html>
38. Ansari S, Hosseinkhanzadeh AA, AdibSaber F, Shojaei M, Daneshfar A. The Effects of Aquatic Versus Kata Techniques Training on Static and Dynamic Balance in Children with Autism Spectrum Disorder. J Autism Dev Disord. sept 2021;51(9):3180-6.
39. MABC-2 - Batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant - 2nde édition [Internet]. Pearson Clinical & Talent Assessment. Disponible sur: <https://www.pearsonclinical.fr/mabc-2-batterie-d-evaluation-du-mouvement-chez-l-enfant-seconde-edition>
40. Brown, Lalor. The Movement Assessment Battery for Children--Second Edition (MABC-2): a review and critique. Physical & occupational therapy in pediatrics [Internet]. 2009;29(1). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19197761/>
41. Venetsanou F, Kambas A, Ellinoudis T, Fatouros I, Giannakidou D, Kourtessis T. Can the Movement Assessment Battery for Children-Test be the “gold standard” for the motor assessment of children with Developmental Coordination Disorder? Research in Developmental Disabilities [Internet]. 1 janv 2011;32(1):1-10. Disponible sur:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0891422210002027>

42. Ellinoudis T, Evaggelinou C, Kourtessis T, Konstantinidou Z, Venetsanou F, Kambas A. Reliability and validity of age band 1 of the Movement Assessment Battery for Children--second edition. *Res Dev Disabil.* june 2011;32(3):1046-51.
43. Schoemaker MM, Niemeijer AS, Flapper BCT, Smits-Engelsman BCM. Validity and reliability of the Movement Assessment Battery for Children-2 Checklist for children with and without motor impairments. *Developmental Medicine & Child Neurology* [Internet]. 2012;54(4):368-75. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-8749.2012.04226.x>
44. Wagner MO, Kastner J, Petermann F, Bös K. Factorial validity of the Movement Assessment Battery for Children-2 (age band 2). *Res Dev Disabil.* april 2011;32(2):674-80.
45. Latorre Román PÁ, Mora López D, Robles Fuentes A, García Pinillos F. Reference Values of Static Balance in Spanish Preschool Children. *Percept Mot Skills.* august 2017;124(4):740-53.
46. Gilliam J.E. Gilliam Autism Rating Scale 2nd Edition (GARS-2). Austin, TX: Pro-Ed.
47. E. Gilliam J. Gilliam Autism Rating Scale | Third Edition (GARS-3). 2013.
48. Montgomery JM, Newton B, Smith C. Test Review: Gilliam, J. (2006). GARS-2: Gilliam Autism Rating Scale—Second Edition. Austin, TX: PRO-ED. *Journal of Psychoeducational Assessment* [Internet]. dec 2008;26(4):395-401. Disponible sur: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734282908317116>
49. Rimland B, Edelson S. Autism Treatment Evaluation Checklist (ATEC) [Internet]. Autism Research Institute. Disponible sur: <https://www.autism.org/autism-treatment-evaluation-checklist/>
50. Gresham FM. Assessment of Social Skills in Children and Adolescents. In: *Handbook of Psychoeducational Assessment* [Internet]. Elsevier; 2001. p. 325-55. Disponible sur: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780120585700500136>
51. PEDro Physiotherapy Evidence Database. Échelle PEDro [Internet]. PEDro. 2010. Disponible sur: <https://pedro.org.au/french/resources/pedro-scale/>
52. Slim K, Nini E, Forestier D, Kwiatkowski F, Panis Y, Chipponi J. Methodological index for non-randomized studies (*MINORS*): development and validation of a new instrument: Methodological index for non-randomized studies. *ANZ Journal of Surgery* [Internet]. sept

2003;73(9):712-6. Disponible sur: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1445-2197.2003.02748.x>

53. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, Moher D, Tugwell P, Welch V, Kristjansson E, Henry DA. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*. 2017 Sep 21;358:j4008.
54. Haute Autorité de Santé (HAS). Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique: état des lieux. 2013.
55. Sil A, Betkerur J, Das NK. P-Value Demystified. *Indian Dermatol Online J*. dec 2019;10(6):745-50.
56. Bahrami F, Movahedi A, Marandi SM, Sorensen C. The Effect of Karate Techniques Training on Communication Deficit of Children with Autism Spectrum Disorders. *J Autism Dev Disord*. march 2016;46(3):978-86.
57. Kim Y, Todd T, Fujii T, Lim JC, Vrongistinos K, Jung T. Effects of Taekwondo intervention on balance in children with autism spectrum disorder. *J Exerc Rehabil*. august 2016;12(4):314-9.
58. Najafabadi MG, Sheikh M, Hemayattalab R, Memari AH, Aderyani MR, Hafizi S. The effect of SPARK on social and motor skills of children with autism. *Pediatr Neonatol*. oct 2018;59(5):481-7.
59. Kaur M, Bhat A. Creative Yoga Intervention Improves Motor and Imitation Skills of Children With Autism Spectrum Disorder. *Phys Ther*. 25 nov 2019;99(11):1520-34.
60. Sarabzadeh M, Azari BB, Helalizadeh M. The effect of six weeks of Tai Chi Chuan training on the motor skills of children with Autism Spectrum Disorder. *J Bodyw Mov Ther*. april 2019;23(2):284-90.
61. Sansi A, Nalbant S, Ozer D. Effects of an Inclusive Physical Activity Program on the Motor Skills, Social Skills and Attitudes of Students with and without Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord* [Internet]. july 2021;51(7):2254-70. Disponible sur: <https://link.springer.com/10.1007/s10803-020-04693-z>
62. Vando S, Filingeri D, Maurino L, Chaabène H, Bianco A, Salernitano G, et al. Postural Adaptations in Preadolescent Karate Athletes Due to a One Week Karate Training Camp. *Journal of Human Kinetics* [Internet]. sept 2013;38:45-52. Disponible sur: <https://content.sciendo.com/doi/10.2478/hukin-2013-0044>

63. Fong SSM, Chung JWY, Chow LPY, Ma AWW, Tsang WWN. Differential effect of Taekwondo training on knee muscle strength and reactive and static balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil.* may 2013;34(5):1446-55.
64. Tsang WWN, Hui-Chan CWY. Effect of 4- and 8-wk intensive Tai Chi Training on balance control in the elderly. *Med Sci Sports Exerc.* april 2004;36(4):648-57.
65. Kong Z, Sze TM, Yu JJ, Loprinzi PD, Xiao T, Yeung AS, et al. Tai Chi as an Alternative Exercise to Improve Physical Fitness for Children and Adolescents with Intellectual Disability. *Int J Environ Res Public Health.* march 2019;16(7):E1152.
66. Azimzadeh E, Hosseini MA, Nourozi K, Davidson PM. Effect of Tai Chi Chuan on balance in women with multiple sclerosis. *Complement Ther Clin Pract.* february 2015;21(1):57-60.
67. Myers PS, Harrison EC, Rawson KS, Horin AP, Sutter EN, McNeely ME, et al. Yoga improves balance and low back pain, but not anxiety, in people with Parkinson's disease. *Int J Yoga Therap [Internet].* january 2020 [cité 10 avr 2022];30(1):41-8. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7124969/>
68. Saravanakumar P, Higgins IJ, van der Riet PJ, Marquez J, Sibbritt D. The influence of tai chi and yoga on balance and falls in a residential care setting: A randomised controlled trial. *Contemp Nurse.* 2014;48(1):76-87.
69. Hsu HC, Chou SW, Chen CPC, Wong AMK, Chen CK, Hong JP. Effects of swimming on eye hand coordination and balance in the elderly. *J Nutr Health Aging.* oct 2010;14(8):692-5.
70. Baccouch R, Rebai H, Sahli S. Kung-fu versus swimming training and the effects on balance abilities in young adolescents. *Phys Ther Sport.* nov 2015;16(4):349-54.
71. Sallis JF, McKenzie TL, Alcaraz JE, Kolody B, Faucette N, Hovell MF. The effects of a 2-year physical education program (SPARK) on physical activity and fitness in elementary school students. *Sports, Play and Active Recreation for Kids. Am J Public Health.* august 1997;87(8):1328-34.
72. Mortimer R, Privopoulos M, Kumar S. The effectiveness of hydrotherapy in the treatment of social and behavioral aspects of children with autism spectrum disorders: a systematic review. *J Multidiscip Healthc.* 2014;7:93-104.

73. Sigmundsson H, Hopkins B. Baby swimming: exploring the effects of early intervention on subsequent motor abilities. *Child Care Health Dev.* may 2010;36(3):428-30.
74. Pan CY. The efficacy of an aquatic program on physical fitness and aquatic skills in children with and without autism spectrum disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders* [Internet]. 1 january 2011;5(1):657-65. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1750946710001248>
75. Yilmaz I, Yanarda M, Birkan B, Bumin G. Effects of swimming training on physical fitness and water orientation in autism. *Pediatr Int.* oct 2004;46(5):624-6.
76. Pan CY, Chu CH, Tsai CL, Sung MC, Huang CY, Ma WY. The impacts of physical activity intervention on physical and cognitive outcomes in children with autism spectrum disorder. *Autism.* february 2017;21(2):190-202.
77. Battaglia G, Agro G, Cataldo P, Palma A, Alesi M. Influence of a Specific Aquatic Program on Social and Gross Motor Skills in Adolescents with Autism Spectrum Disorders: Three Case Reports. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology.* 24 mai 2019;4:27.
78. Özer D, Baran F, Aktop A, Nalbant S, Ađlamış E, Hutzler Y. Effects of a Special Olympics Unified Sports soccer program on psycho-social attributes of youth with and without intellectual disability. *Res Dev Disabil.* févr 2012;33(1):229-39.
79. Muller CL, Anacker AMJ, Veenstra-VanderWeele J. The serotonin system in autism spectrum disorder: From biomarker to animal models. *Neuroscience.* 3 mai 2016;321:24-41.
80. Oblak A, Gibbs TT, Blatt GJ. Reduced serotonin receptor subtypes in a limbic and a neocortical region in autism. *Autism Res.* déc 2013;6(6):571-83.
81. Chugani DC, Muzik O, Behen M, Rothermel R, Janisse JJ, Lee J, et al. Developmental changes in brain serotonin synthesis capacity in autistic and nonautistic children. *Ann Neurol.* mars 1999;45(3):287-95.
82. Meyniel F, Goodwin GM, Deakin JW, Klinge C, MacFadyen C, Milligan H, et al. A specific role for serotonin in overcoming effort cost. *Gold JI, éditeur. eLife* [Internet]. 8 nov 2016;5:e17282. Disponible sur: <https://doi.org/10.7554/eLife.17282>
83. Rogé B. L'Ocytocine, un éventuel effet thérapeutique dans l'autisme ? *Enfance* [Internet]. june 2016;2016(02):253-8. Disponible sur: <https://www.cairn.info/revue-enfance2-2016-2-page-253.htm>

84. Shahrestani S, Kemp AH, Guastella AJ. The Impact of a Single Administration of Intranasal Oxytocin on the Recognition of Basic Emotions in Humans: A Meta-Analysis. *Neuropsychopharmacol* [Internet]. sept 2013;38(10):1929-36. Disponible sur: <https://www.nature.com/articles/npp201386>
85. Guastella AJ, Einfeld SL, Gray KM, Rinehart NJ, Tonge BJ, Lambert TJ, et al. Intranasal oxytocin improves emotion recognition for youth with autism spectrum disorders. *Biol Psychiatry*. april 2010;67(7):692-4.
86. Andari E, Duhamel JR, Zalla T, Herbrecht E, Leboyer M, Sirigu A. Promoting social behavior with oxytocin in high-functioning autism spectrum disorders. *Proc Natl Acad Sci U S A*. march 2010;107(9):4389-94.
87. Hollander E, Soorya L, Chaplin W, Anagnostou E, Taylor BP, Ferretti CJ, et al. A double-blind placebo-controlled trial of fluoxetine for repetitive behaviors and global severity in adult autism spectrum disorders. *Am J Psychiatry*. march 2012;169(3):292-9.
88. Meeusen R, De Meirleir K. Exercise and brain neurotransmission. *Sports Med*. sept 1995;20(3):160-88.
89. Loomes R, Hull L, Mandy WPL. What Is the Male-to-Female Ratio in Autism Spectrum Disorder? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. june 2017;56(6):466-74.
90. Sansi A, Nalbant S, Ozer D. Effects of an Inclusive Physical Activity Program on the Motor Skills, Social Skills and Attitudes of Students with and without Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord* [Internet]. july 2021;51(7):2254-70. Disponible sur: <https://link.springer.com/10.1007/s10803-020-04693-z>

Liste des abréviations

A TEC = Autism Treatment Evaluation Checklist

BOTMP = Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency

BOT-2 = Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2nd édition

DI = Déficience intellectuelle

DSM-V = Manuel Diagnostique et Statistique des Troubles Mentaux, cinquième édition

ECR = Essai contrôlé randomisé

ECnR = Essai contrôlé non randomisé

GARS2 = Gilliam Autism Rating Scale, 2nd édition

HAS = Haute Autorité de Santé

INSERM = Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

MABC-2 = Movement Assessment Battery for Children, 2nd édition

MeSH = Medical Subject Headings

MET = Metabolic Equivalent of Task

MINORS = Methodological Items for Non-Randomized Studies

OMS = Organisation Mondiale de la Santé

PEDro = Physiotherapist Evidence Database

PRISMA = Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis

SNC = Système Nerveux Central

SPARK = Sports, Play and Active Recreation for Kids

SQT = Step Quick Turn test

SSRS = Social Skills Rating System

SST = Stork Standing Test

TD = Développement Typique

TSA = Troubles du Spectre de l'Autisme

Table des annexes

Annexe 1 : Critères diagnostiques du trouble du spectre autistique selon la DSM-V.....	74
Annexe 2 : Signes d’alerte faisant suspecter un trouble du spectre de l’autisme.....	76
Annexe 3 : Échelle GARS-2	77
Annexe 4 : Échelle ATEC.....	78
Annexe 5 : Échelle PEDro.....	72
Annexe 6 : Échelle MINORS.....	83
Annexe 7 : Justification des scores de l’échelle PEDro attribués aux ECR.....	85
Annexe 8 : Justification des scores de l’échelle MINORS attribués aux ECnR.....	88
Annexe 9 : Risque de biais de la revue systématique selon l’échelle AMSTAR 2.....	90

Annexe 1 : Critères diagnostiques du trouble du spectre autistique selon la DSM V (1) .

- A. Déficiences persistantes de la communication et des interactions sociales observées dans des contextes variés. Ceux-ci peuvent se manifester par les éléments suivants, soit au cours de la période actuelle, soit dans les antécédents (les exemples sont illustratifs et non exhaustifs ; se référer au texte) :
1. Déficiences de la réciprocité sociale ou émotionnelle allant, par exemple, d'anomalies de l'approche sociale et d'une incapacité à la conversation bidirectionnelle normale, à des difficultés à partager les intérêts, les émotions et les affects, jusqu'à une incapacité d'initier des interactions sociales ou d'y répondre
 2. Déficiences des comportements de communication non verbaux utilisés au cours des interactions sociales, allant, par exemple, d'une intégration défectueuse entre la communication verbale et non verbale, à des anomalies du contact visuel et du langage du corps, à des déficiences dans la compréhension et l'utilisation des gestes, jusqu'à une absence totale d'expressions faciales et de communication non verbale.
 3. Déficiences du développement, du maintien et de la compréhension des relations, allant, par exemple, de difficultés à ajuster le comportement à des contextes sociaux variés, à des difficultés à partager des jeux imaginatifs ou à se faire des amis, jusqu'à l'absence d'intérêt pour les pairs.

La sévérité repose sur l'importance des déficiences de la communication sociale et des modes comportementaux restreints et répétitifs.

- B. Caractère stéréotypé ou répétitif des comportements, des intérêts ou des activités, comme en témoignent au moins deux des éléments suivants soit au cours de la période actuelle soit dans les antécédents (les exemples sont illustratifs et non exhaustifs ; se référer au texte) :
1. Caractère stéréotypé ou répétitif des mouvements, de l'utilisation des objectifs ou du langage (p. ex. stéréotypies motrices simples, activités d'alignement des jouets ou de rotation des objets, écholalie, phrases idiosyncrasiques).
 2. Intolérance au changement, adhésion inflexible à des routines ou à des modes comportementaux verbaux ou non verbaux ritualisés (p.ex. détresse extrême provoquée par des changements mineurs, difficulté à gérer les transitions, modes de pensée rigides, ritualisation des formules de salutation, nécessité de prendre le même chemin ou de manger les mêmes aliments tous les jours).
 3. Intérêts extrêmement restreints et fixes, anormaux soit dans leur intensité, soit dans leur but (p.ex. attachement à des objets insolites ou préoccupations à propos de ce type d'objets, intérêts excessivement circonscrits ou persévérants).
 4. Hyper ou hyporéactivité aux stimulations sensorielles ou intérêt inhabituel pour les aspects sensoriels de l'environnement (p.ex. indifférence apparente à la douleur ou à la température, réactions négatives à des sons ou à des textures spécifiques, actions de flairer ou de toucher excessivement les objets, fascination visuelle pour les lumières ou les mouvements).

La sévérité repose sur l'importance des déficiences de la communication sociale et des modes comportementaux restreints et répétitifs.

- C. Les symptômes doivent être présents dès les étapes précoces du développement (mais ils ne sont pas nécessairement pleinement manifestes avant que les demandes sociales n'excèdent les capacités limitées de la personne, ou ils peuvent être masqués plus tard dans la vie par des stratégies apprises).
- D. Les symptômes occasionnent un retentissement cliniquement significatif en termes de fonctionnement actuel social, scolaire/professionnel ou dans d'autres domaines importants.
- E. Ces troubles ne sont pas mieux expliqués par un handicap intellectuel (trouble du développement intellectuel) ou un retard global du développement. La déficience intellectuelle et le trouble du spectre de l'autisme sont fréquemment associés. Pour permettre un diagnostic de commodité entre un trouble du spectre de l'autisme et un handicap intellectuel, l'altération de la communication sociale doit être supérieure à ce qui serait attendu pour le niveau de développement général.

NB : Les sujets ayant, selon le DSM-IV, un diagnostic bien établi de trouble autistique, de syndrome d'Asperger ou de trouble envahissant du développement non spécifié doivent recevoir un diagnostic de trouble de l'autisme. Chez les sujets ayant des déficits marqués de la communication sociale mais qui ne répondent pas aux autres critères du trouble autistique, l'existence d'un trouble de la communication sociale (pragmatique) doit être considérée.

Spécifier si

- **Avec ou sans déficit intellectuel associé**
- **Avec ou sans altération du langage associée**
- **Associé à une pathologie médicale ou génétique connue ou à un facteur environnemental.**
- **Associé à autre trouble développemental, mental ou comportemental.**
- **Avec catatonie.**

Annexe 2 : Signes d'alerte faisant suspecter un TSA selon la HAS (9)

Age d'apparition	Domaines de difficulté
Autour de 18 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Engagement relationnel (avec les parents et les pairs) ; • Attention et réciprocité sociale (initiation, réponse et maintien de l'attention conjointe, regard adressé, sourire partagé, pointage à distance coordonné avec le regard) ; • Réactivité sociale (réponse au prénom) ; • Langage réceptif (compréhension de consignes simples) et expressif (syllabes répétées, puis utilisation régulière et adaptée de plusieurs mots) ; • Jeu socio-imitatif et symbolique ; • Réponses sensorielles (recherche ou évitement de sensations) ». <p>La présence d'au moins deux signes nécessite un examen approfondi.</p>
Au-delà de 18 mois et jusqu'à l'adolescence	<ul style="list-style-type: none"> • Difficultés relationnelles précoces et persistantes. • Particularités dans le comportement et les intérêts prenant un caractère anormalement répétitif, restreints et stéréotypés. • Utilisation inappropriée du langage. • Absence de mots ou absence d'association de mots (non écholaliques) • Pauvreté du contact voire indifférence ou au contraire familiarité excessive. • Difficultés à reconnaître les émotions d'autrui. • Balancement et autres mouvements stéréotypés • Résistance au changement
A tout âge	<ul style="list-style-type: none"> • Régression ou non-progression des habiletés langagières ou relationnelles • Inquiétude des parents

Annexe 3 : Échelle GARS-2 (46)

Section I. Identifying Information

Individual's Name _____ Male Female Grade _____
 Year _____ Month _____ Day _____ School _____
 Date of Rating _____ Rater's Name _____
 Date of Birth _____ Examiner's Name _____
 Age _____ Examiner's Title _____

Section II. Score Summary

Subscales	Raw Score	Standard Score	%ile	SEM
Stereotyped Behaviors	_____	_____	_____	1
Communication	_____	_____	_____	1
Social Interaction	_____	_____	_____	1
Sum of Standard Scores	_____			
Autism Index	<input type="text"/>	<input type="text"/>		4

Section III. Interpretation Guide

Subscale Standard Score	Autism Index	Probability of Autism
7 or Higher	85 or Higher	Very Likely
4 to 6	70 to 84	Possibly
1 to 3	69 or Less	Unlikely

Section IV. Profile of Scores

Standard Score	Subscales			Autism Index
	Stereotyped Behaviors	Communication	Social Interaction	
20	•	•	•	150
19	•	•	•	145
18	•	•	•	140
17	•	•	•	135
16	•	•	•	130
15	•	•	•	125
14	•	•	•	120
13	•	•	•	115
12	•	•	•	110
11	•	•	•	105
10	•	•	•	100
9	•	•	•	95
8	•	•	•	90
7	•	•	•	85
6	•	•	•	80
5	•	•	•	75
4	•	•	•	70
3	•	•	•	65
2	•	•	•	60
1	•	•	•	55

Language Used in Social Communication

Yes	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

During the child's first 3 years of life:

- Did the child respond to his or her name when called (e.g., turn and look at the person)?
- Did the child ask for things or use gestures to communicate what he or she wanted?
- Did the child follow simple directions (e.g., "come here," "give me a hug," "wave bye-bye")?
- Did the child appear to understand what to do when told to do something?
- Did the child indicate (show facial concern) when a parent or sibling cried or was distressed?

Symbolic or Imaginative Play

Yes	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

During the child's first 3 years of life:

- Did the child engage in pretend play (e.g., play with dolls, action heroes, toy animals appropriately)?
- Did the child pretend he or she was someone else (e.g., Mommy or Daddy, action hero)?
- Did the child pretend that an object was something else? For example, did the child pretend that a broomstick was a horse and place the broomstick between his or her legs and pretend to be riding a horse?
- Did the child pretend that he or she had an imaginary friend or animal?
- Did the child play with dolls pretending that they were real persons?

The purpose of Section VI is to document whether the individual meets a set of diagnostic criteria from *DSM-IV-TR*. If you checked *No* to any question in this section, the individual meets criteria for delays or abnormal functioning.

Section V. Individual Item Responses

Subscale 1: Stereotyped Behaviors

Directions: Rate the following items according to the frequency of occurrence. Use the following guidelines for your ratings:

- 0 Never Observed—You have never seen the individual behave in this manner.
- 1 Seldom Observed—Individual behaves in this manner 1–2 times per 6-hour period.
- 2 Sometimes Observed—Individual behaves in this manner 3–4 times per 6-hour period.
- 3 Frequently Observed—Individual behaves in this manner at least 5–6 times per 6-hour period.

Circle the number that best describes your observations of the individual's typical behavior under ordinary circumstances (i.e., in most places, with familiar people, and in usual daily activities). Remember to rate every item. If you are uncertain about how to rate an item, delay the rating and observe the individual for a 6-hour period to determine your rating. REMEMBER, EVERY ITEM SHOULD RECEIVE A SCORE.

	Never Observed	Seldom Observed	Sometimes Observed	Frequently Observed				
1. Avoids establishing eye contact; looks away when eye contact is made.	0	1	2	3				
2. Stares at hands, objects, or items in the environment for at least 5 seconds.	0	1	2	3				
3. Flicks fingers rapidly in front of eyes for periods of 5 seconds or more.	0	1	2	3				
4. Eats specific foods and refuses to eat what most people usually will eat.	0	1	2	3				
5. Licks, tastes, or attempts to eat inedible objects (e.g., person's hand, toys, books).	0	1	2	3				
6. Smells or sniffs objects (e.g., toys, person's hand, hair).	0	1	2	3				
7. Whirls, turns in circles.	0	1	2	3				
8. Spins objects not designed for spinning (e.g., saucers, cups, glasses).	0	1	2	3				
9. Rocks back and forth while seated or standing.	0	1	2	3				
10. Makes rapid lunging, darting movements when moving from place to place.	0	1	2	3				
11. Prances (i.e., walks on tiptoes).	0	1	2	3				
12. Flaps hands or fingers in front of face or at sides.	0	1	2	3				
13. Makes high-pitched sounds (e.g., eee-eee-eee-eee) or other vocalizations for self-stimulation.	0	1	2	3				
14. Slaps, hits, or bites self or attempts to injure self in other ways.	0	1	2	3				
Subtotals	—	+	—	+	—	+	—	=
Stereotyped Behaviors Total Raw Score								

Section V. Continued.

Subscale 3: Social Interaction

Directions: Rate the following items according to the frequency of occurrence. Use the following guidelines for your ratings:

- 0 Never Observed—You have never seen the individual behave in this manner.
- 1 Seldom Observed—Individual behaves in this manner 1–2 times per 6-hour period.
- 2 Sometimes Observed—Individual behaves in this manner 3–4 times per 6-hour period.
- 3 Frequently Observed—Individual behaves in this manner at least 5–6 times per 6-hour period.

Circle the number that best describes your observations of the individual’s typical behavior under ordinary circumstances (i.e., in most places, with familiar people, and in usual daily activities). Remember to rate every item. If you are uncertain about how to rate an item, delay the rating and observe the individual for a 6-hour period to determine your rating. REMEMBER, EVERY ITEM SHOULD RECEIVE A SCORE.

	Never Observed	Seldom Observed	Sometimes Observed	Frequently Observed
29. Avoids eye contact; looks away when someone looks at him or her.	0	1	2	3
30. Stares or looks unhappy or unexcited when praised, humored, or entertained.	0	1	2	3
31. Resists physical contact from others (e.g., hugs, pats, being held affectionately).	0	1	2	3
32. Does not imitate other people when imitation is required or desirable, such as in games or learning activities.	0	1	2	3
33. Withdraws, remains aloof, or acts standoffish in group situations.	0	1	2	3
34. Behaves in an unreasonably fearful, frightened manner.	0	1	2	3
35. Is unaffectionate; does not give affectionate responses (e.g., hugs and kisses).	0	1	2	3
36. Shows no recognition that a person is present (i.e., looks through people).	0	1	2	3
37. Laughs, giggles, cries inappropriately.	0	1	2	3
38. Uses toys or objects inappropriately (e.g., spins toy cars, takes action toys apart).	0	1	2	3
39. Does certain things repetitively, ritualistically.	0	1	2	3
40. Becomes upset when routines are changed.	0	1	2	3
41. Responds negatively or with temper tantrums when given commands, requests, or directions.	0	1	2	3
42. Lines up objects in precise, orderly fashion and becomes upset when the order is disturbed.	0	1	2	3
Subtotals	___	+ ___	+ ___	+ ___ =
Social Interaction Total Raw Score				

Section VI. Parent Interview

This section should be completed by parents or other caregivers who have direct, sustained contact with the individual. Parent and caregiver interviews are acceptable. Answer each question by recording either *yes* or *no*. Complete every item.

Delays in:

Social Interaction

- | Yes | No | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | During the child's first 3 years of life: |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a. Did the child reach out or prepare to be picked up when the parent attempted to lift the child? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | b. Did the child cry or become upset when left unattended in his or her crib, playpen, or other area? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | c. Did the child cry or become upset when picked up or held? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | d. Did the child cry or become upset when handed from one adult to another? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | e. Did the child attempt to join family members in group activities (e.g., watching TV)? |

Language Used in Social Communication

- | Yes | No | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | During the child's first 3 years of life: |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a. Did the child use single words by 16 months of age? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | b. Did the child use meaningful, communicative phrases by age 2? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | c. Did the child develop normally in terms of language (i.e., cooing, babbling, and speaking without any interruption or regression)? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | d. Did the child follow directions (i.e., appear to understand what to do when told to do something)? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | e. Did the child appear to have normal hearing? |

Abnormal Functioning in:

Social Interaction

- | Yes | No | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | During the child's first 3 years of life: |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a. Did the child smile at parents or siblings when smiled at or played with? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | b. Did the child cry when approached by unfamiliar persons during the first year? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | c. Did the child engage in imitative play before age 3 (e.g., played pat-a-cake, peekaboo)? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | d. Did the child seem to be involved and responsive to people? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | e. Did the child prefer to spend time in the company of others? |

Language Used in Social Communication

- | Yes | No | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | During the child's first 3 years of life: |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a. Did the child respond to his or her name when called (e.g., turn and look at the person)? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | b. Did the child ask for things or use gestures to communicate what he or she wanted? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | c. Did the child follow simple directions (e.g., "come here," "give me a hug," "wave bye-bye")? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | d. Did the child appear to understand what to do when told to do something? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | e. Did the child indicate (show facial concern) when a parent or sibling cried or was distressed? |

Symbolic or Imaginative Play

- | Yes | No | |
|--------------------------|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | During the child's first 3 years of life: |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | a. Did the child engage in pretend play (e.g., play with dolls, action heroes, toy animals appropriately)? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | b. Did the child pretend he or she was someone else (e.g., Mommy or Daddy, action hero)? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | c. Did the child pretend that an object was something else? For example, did the child pretend that a broomstick was a horse and place the broomstick between his or her legs and pretend to be riding a horse? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | d. Did the child pretend that he or she had an imaginary friend or animal? |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | e. Did the child play with dolls pretending that they were real persons? |

The purpose of Section VI is to document whether the individual meets a set of diagnostic criteria from *DSM-IV-TR*. If you checked *No* to any question in this section, the individual meets criteria for delays or abnormal functioning.

Annexe 4 : Échelle ATEC

ARI/Form
ATEC-1/11-99

Autism Treatment Evaluation Checklist (ATEC)

Bernard Rimland, Ph.D. and Stephen M. Edelson, Ph.D.

Autism Research Institute

4182 Adams Avenue, San Diego, CA 92116

fax: (619) 563-6840; www.autism.com/ari

Project/Purpose:					
Scores:	I	II	III	IV	Total

This form is intended to measure the effects of treatment. Free scoring of this form is available on the Internet at: www.autism.com/atec

Name of Child _____ Male Age _____
 Last First Female Date of Birth _____
 Form completed by: _____ Relationship: _____ Today's Date _____

Please circle the letters to indicate how true each phrase is:

I. Speech/Language/Communication: [N] Not true [S] Somewhat true [V] Very true

- | | | |
|--|--|--|
| N S V 1. Knows own name | N S V 6. Can use 3 words at a time
(Want more milk) | N S V 11. Speech tends to be meaningful/
relevant |
| N S V 2. Responds to 'No' or 'Stop' | N S V 7. Knows 10 or more words | N S V 12. Often uses several successive
sentences |
| N S V 3. Can follow some commands | N S V 8. Can use sentences with 4 or
more words | N S V 13. Carries on fairly good
conversation |
| N S V 4. Can use one word at a time
(No!, Eat, Water, etc.) | N S V 9. Explains what he/she wants | N S V 14. Has normal ability to com-
municate for his/her age |
| N S V 5. Can use 2 words at a time
(Don't want, Go home) | N S V 10. Asks meaningful questions | |

II. Sociability: [N] Not descriptive [S] Somewhat descriptive [V] Very descriptive

- | | | |
|---|---------------------------------------|---|
| N S V 1. Seems to be in a shell – you
cannot reach him/her | N S V 7. Shows no affection | N S V 14. Disagreeable/not compliant |
| N S V 2. Ignores other people | N S V 8. Fails to greet parents | N S V 15. Temper tantrums |
| N S V 3. Pays little or no attention when
addressed | N S V 9. Avoids contact with others | N S V 16. Lacks friends/companions |
| N S V 4. Uncooperative and resistant | N S V 10. Does not imitate | N S V 17. Rarely smiles |
| N S V 5. No eye contact | N S V 11. Dislikes being held/cuddled | N S V 18. Insensitive to other's feelings |
| N S V 6. Prefers to be left alone | N S V 12. Does not share or show | N S V 19. Indifferent to being liked |
| | N S V 13. Does not wave 'bye bye' | N S V 20. Indifferent if parent(s) leave |

III. Sensory/Cognitive Awareness: [N] Not descriptive [S] Somewhat descriptive [V] Very descriptive

- | | | |
|--|--|--|
| N S V 1. Responds to own name | N S V 7. Appropriate facial expression | N S V 13. Initiates activities |
| N S V 2. Responds to praise | N S V 8. Understands stories on T.V. | N S V 14. Dresses self |
| N S V 3. Looks at people and animals | N S V 9. Understands explanations | N S V 15. Curious, interested |
| N S V 4. Looks at pictures (and T.V.) | N S V 10. Aware of environment | N S V 16. Venturesome - explores |
| N S V 5. Does drawing, coloring, art | N S V 11. Aware of danger | N S V 17. "Tuned in" — Not spacey |
| N S V 6. Plays with toys appropriately | N S V 12. Shows imagination | N S V 18. Looks where others are looking |

IV. Health/Physical/Behavior: Use this code: [N] Not a Problem [MI] Minor Problem [MO] Moderate Problem [S] Serious Problem

- | | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| N MI MO S 1. Bed-wetting | N MI MO S 9. Hyperactive | N MI MO S 18. Obsessive speech |
| N MI MO S 2. Wets pants/diapers | N MI MO S 10. Lethargic | N MI MO S 19. Rigid routines |
| N MI MO S 3. Soils pants/diapers | N MI MO S 11. Hits or injures self | N MI MO S 20. Shouts or screams |
| N MI MO S 4. Diarrhea | N MI MO S 12. Hits or injures others | N MI MO S 21. Demands sameness |
| N MI MO S 5. Constipation | N MI MO S 13. Destructive | N MI MO S 22. Often agitated |
| N MI MO S 6. Sleep problems | N MI MO S 14. Sound-sensitive | N MI MO S 23. Not sensitive to pain |
| N MI MO S 7. Eats too much/too little | N MI MO S 15. Anxious/fearful | N MI MO S 24. "Hooked" or fixated on
certain objects/topics |
| N MI MO S 8. Extremely limited diet | N MI MO S 16. Unhappy/crying | N MI MO S 25. Repetitive movements
(stimming, rocking, etc.) |
| | N MI MO S 17. Seizures | |

Annexe 5 : Échelle PEDro

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

Annexe 6 : Échelle MINORS (52)

Item	Description de l'item	Score
1	Le but est clairement formulé : la question posée par l'étude est suffisamment précise et tient compte des données de la littérature	
2	Inclusion de patients consécutifs : tous les patients répondant aux critères d'inclusion ont été effectivement inclus dans l'étude durant la période concernée (pas d'exclusion ou détails des raisons de la non inclusion).	
3	Recueil prospectif des données : données recueillies selon un protocole établi avant le début de l'étude.	
4	Critères de jugement adaptés au but de l'étude : explication précise des critères utilisées pour évaluer le principal événement mesuré qui doivent être en accord avec la question posée de l'étude. Les critères de jugement devant aussi être évalués en intention de traiter.	
5	Evaluation non biaisée des critères de jugement : évaluation en simple insu des critères objectifs et en double insu des critères subjectifs. Sinon, les raisons de l'ensemble d'insu devraient être détaillées.	
6	Période de suivi adaptée au but de l'étude : le suivi doit être suffisamment long pour permettre l'évaluation du critère de jugement principal et les possibles effets secondaires.	
7	Taux de perdus de vue < 5% : tous les patients devraient être inclus dans l'étude du suivi. Sinon le taux de perdus de vue ne doit pas excéder celui de l'événement mesuré par le critère de jugement principal.	
8	Calcul prospectif de l'effectif de l'étude : informations sur le calcul de l'effet avec calcul des intervalles de confiance en fonction du taux attendu de l'événement mesuré par le critère de jugement principal. Information sur la probabilité d'erreur de type 1 et la puissance statistique dans la comparaison des critères de jugement.	

9	<p>Un groupe contrôle adéquat : ayant le test diagnostic ou le traitement jugé optimal (de référence) selon les données de la littérature.</p>	
10	<p>Groupes contemporains : le groupe contrôle et le groupe traité doivent être pris en charge au cours de la même période (pas de comparaison historique).</p>	
11	<p>Équivalence des groupes : les groupes doivent être équivalents concernant les critères autres que les critères de jugement étudiés. Absence de facteurs pouvant biaiser l'interprétation des résultats.</p>	
12	<p>Analyses statistiques adéquates : les tests statistiques sont adaptés au type d'étude avec calcul des intervalles de confiance et du risque relatif si nécessaire.</p>	

Annexe 7 : Justification des scores de l'échelle PEDro attribués aux ECR

Bahrami et al., 2015 (56)		
	Scores	Justifications
1		Pas de liste de critères d'éligibilité (participants recrutés au hasard dans une école).
2		"Matched pairs were randomly assigned to either an exercise or control condition."
3		NP
4		"We found no significant difference at baseline."
5		Les sujets ne pouvaient pas être en aveugle du fait de l'intervention.
6		Les thérapeutes ne pouvaient pas être en aveugle du fait de l'intervention.
7		NP
8		« Data from participants without verbal communication skills (N = 8) were not included in analyses ». Soit Environ 27% des sujets.
9		« all of them completed training sessions in full."
10		NP
11		NP

Najafabadi et al., 2018 (58)		
	Scores	Justifications
1		"selected and recruited from a therapeutic clinic affiliated with Shahid Beheshti University in Tehran, Iran." + Liste de critères d'éligibilité décrite.
2		"The participants were randomly assigned into two groups"
3		NP
4		« We found no significant difference at baseline in static (and) dynamic balance (...) between the treatment and control groups"
5		Les sujets ne peuvent être en aveugle du fait de l'intervention.
6		Les thérapeutes ne peuvent être en aveugle du fait de l'intervention.
7		« All participants were assessed (...) by two independent examiners who were blinded to the assignment of children."
8		Except for two participants who dropped out of the study, the subjects completed training sessions in full. " Soit environ 92%.

9		2 participants ont été perdus de vue
10		Results (...) showed significant differences between treatment and control groups in static and dynamic balance”.
11		Chi-square effect sizes were computed to interpret the magnitude of group’s difference.

Sarabzadeh et al., 2019 (60)		
	Scores	Justifications
1		
2		“18 children (...) were divided randomly into experimental and control groups”.
3		NP
4		Selon le lecteur, pas de différence au début de l’étude qui pourrait justifier les résultats ultérieurs
5		Les sujets ne peuvent être en aveugle du fait de l’intervention.
6		Les thérapeutes ne peuvent être en aveugle du fait de l’intervention.
7		NP
8		“ 9 analyzed, 0 excluded” pour les deux groups.
9		“ 9 analyzed, 0 excluded” pour les deux groups.
10		« a significant difference was observed in (...) balance (...) between the groups”.
11		NP

Sansi et al., (90)		
	Scores	Justifications
1		Enfants recrutés dans trois écoles de la ville Batman en Turquie spécialisées dans les enfants TSA + liste de critères d’éligibilité.
2		“The students were randomly divided into two groups »
3		NP
4		“At the beginning of the IPA program, no statistically significant differences were determined between the social skills of the students with ASD in the TRG and CG »

5		Les sujets ne peuvent pas être en aveugle du fait de l'intervention.
6		Les thérapeutes ne peuvent pas être en aveugle de l'intervention.
7		Les évaluateurs sont les thérapeutes ou les parents des enfants.
8		4 enfants ne font pas partis des résultats, soit environ 9%.
9		
10		"There was no statistically significant difference in the findings obtained from the SSRS-PF scale of the students with ASD in the TRG and CG ($p > .05$)".
11		

Ansari et al., 2021 (38)		
	Scores	Justifications
1		« Participants in this study were 56 children with ASD from Guilan Autism Society Institute” + Liste de critères éligibilité décrite.
2		“Thirty children were (...) randomly assigned to karate exercise, aquatic training and control group”.
3		NP
4		“There was no statistically significant difference in any demographic variables (...) and autism severity at the beginning of the intervention”
5		Les sujets ne peuvent être en aveugle du fait de l'intervention
6		Les thérapeutes ne peuvent être en aveugle du fait de l'intervention.
7		NP
8		NP
9		NP
10		“there was a significant difference between aquatic exercise and control groups (...) and karate and control groups.”
11		

Annexe 8 : Justification des scores de l'échelle MINORS attribués aux ECnR

	Kaur et Bath, 2019 (59)	
	Scores	Justifications
1		Ne précise pas quelles capacités motrices sont étudiées (équilibre , coordination bilatérale, motricité fine et intégration motrice).
2		Critères d'inclusion correspondant à la population ciblée
3		Protocole défini à priori
4		Description claire des outils d'évaluation permettant d'analyser les critères de jugement et de répondre à l'objectif.
5		Evaluation en simple aveugle du critère de jugement d'équilibre, mais pas pour les autres critères de jugements
6		Pas de suivi post intervention pour évaluer les effets secondaires.
7		« 1 child in the yoga group who was, therefore, excluded from the nal analysis ». Soit environ 4% des participants.
8		NP
9		Activités sédentaires habituellement pratiquées dans le cadre scolaire
10		Non reporté
11		Pas de différence significative selon le lecteur, pas de précision de la part de l'auteur.
12		

	Kim et al., 2016 (57)	
	Scores	Justifications
1		« The purpose of this study was to investigate the effects of TKD intervention on balance in children with ASD. »
2		Critères d'inclusion correspondant à la population ciblée
3		Protocole défini à priori
4		Description claire des outils d'évaluation permettant d'analyser les critères de jugement et de répondre à l'objectif.
5		Non reporté
6		Pas de suivi post intervention pour évaluer les effets secondaires.

7		« All participants completed the intervention and balance assessments in this study (...) and were included in the final data analysis. »
8		NP
9		Le groupe contrôle ne reçoit aucune intervention
10		Non reporté
11		Les deux groupes ne sont pas égaux en nombre de participants. Le groupe intervention est composé exclusivement de garçons alors que le groupe contrôle accueille une fille.
12		

Annexe 9 : Risque de biais de la revue systématique selon l'échelle AMSTAR 2

1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?

For Yes:	Optional (recommended)	
<input checked="" type="checkbox"/> Population	<input type="checkbox"/> Timeframe for follow-up	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> Intervention		<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> Comparator group		
<input checked="" type="checkbox"/> Outcome		

2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?

For Partial Yes: The authors state that they had a written protocol or guide that included ALL the following:	For Yes: As for partial yes, plus the protocol should be registered and should also have specified:	
<input checked="" type="checkbox"/> review question(s)	<input type="checkbox"/> a meta-analysis/synthesis plan, if appropriate, <i>and</i>	<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> a search strategy	<input type="checkbox"/> a plan for investigating causes of heterogeneity	<input checked="" type="checkbox"/> Partial Yes
<input checked="" type="checkbox"/> inclusion/exclusion criteria	<input type="checkbox"/> justification for any deviations from the protocol	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> a risk of bias assessment		

3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?

For Yes, the review should satisfy ONE of the following:	
<input type="checkbox"/> <i>Explanation for</i> including only RCTs	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR <i>Explanation for</i> including only NRSI	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/> OR <i>Explanation for</i> including both RCTs and NRSI	

4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?

For Partial Yes (all the following):	For Yes, should also have (all the following):	
<input checked="" type="checkbox"/> searched at least 2 databases (relevant to research question)	<input checked="" type="checkbox"/> searched the reference lists / bibliographies of included studies	<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> provided key word and/or search strategy	<input checked="" type="checkbox"/> searched trial/study registries	<input checked="" type="checkbox"/> Partial Yes
<input checked="" type="checkbox"/> justified publication restrictions (e.g. language)	<input type="checkbox"/> included/consulted content experts in the field	<input type="checkbox"/> No
	<input type="checkbox"/> where relevant, searched for grey literature	
	<input type="checkbox"/> conducted search within 24 months of completion of the review	

5. Did the review authors perform study selection in duplicate?

For Yes, either ONE of the following:	
<input type="checkbox"/> at least two reviewers independently agreed on selection of eligible studies and achieved consensus on which studies to include	<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR two reviewers selected a sample of eligible studies <u>and</u> achieved good agreement (at least 80 percent), with the remainder selected by one reviewer.	<input checked="" type="checkbox"/> No

9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?

RCTs		
For Partial Yes, must have assessed RoB from	For Yes, must also have assessed RoB from:	
<input checked="" type="checkbox"/> unconcealed allocation, <i>and</i>	<input checked="" type="checkbox"/> allocation sequence that was not truly random, <i>and</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> lack of blinding of patients and assessors when assessing outcomes (unnecessary for objective outcomes such as all-cause mortality)	<input checked="" type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> Partial Yes
		<input type="checkbox"/> No
		<input type="checkbox"/> Includes only NRSI
NRSI		
For Partial Yes, must have assessed RoB:	For Yes, must also have assessed RoB:	
<input checked="" type="checkbox"/> from confounding, <i>and</i>	<input checked="" type="checkbox"/> methods used to ascertain exposures and outcomes, <i>and</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> from selection bias	<input checked="" type="checkbox"/> selection of the reported result from among multiple measurements or analyses of a specified outcome	<input type="checkbox"/> Partial Yes
		<input type="checkbox"/> No
		<input type="checkbox"/> Includes only RCTs

10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?

For Yes

- Must have reported on the sources of funding for individual studies included in the review. Note: Reporting that the reviewers looked for this information but it was not reported by study authors also qualifies Yes
 No

11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?

RCTs		
For Yes:		
<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis		<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results and adjusted for heterogeneity if present.		<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> AND investigated the causes of any heterogeneity		<input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
For NRSI		
For Yes:		
<input type="checkbox"/> The authors justified combining the data in a meta-analysis		<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> AND they used an appropriate weighted technique to combine study results, adjusting for heterogeneity if present		<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> AND they statistically combined effect estimates from NRSI that were adjusted for confounding, rather than combining raw data, or justified combining raw data when adjusted effect estimates were not available		<input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted
<input type="checkbox"/> AND they reported separate summary estimates for RCTs and NRSI separately when both were included in the review		

12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?

For Yes:		
<input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs		<input type="checkbox"/> Yes
<input type="checkbox"/> OR, if the pooled estimate was based on RCTs and/or NRSI at variable RoB, the authors performed analyses to investigate possible impact of RoB on summary estimates of effect.		<input type="checkbox"/> No
		<input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted

13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?

For Yes:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> included only low risk of bias RCTs | <input checked="" type="checkbox"/> Yes |
| <input checked="" type="checkbox"/> OR, if RCTs with moderate or high RoB, or NRSI were included the review provided a discussion of the likely impact of RoB on the results | <input type="checkbox"/> No |

14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?

For Yes:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> There was no significant heterogeneity in the results | <input checked="" type="checkbox"/> Yes |
| <input checked="" type="checkbox"/> OR if heterogeneity was present the authors performed an investigation of sources of any heterogeneity in the results and discussed the impact of this on the results of the review | <input type="checkbox"/> No |

15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?

For Yes:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> performed graphical or statistical tests for publication bias and discussed the likelihood and magnitude of impact of publication bias | <input type="checkbox"/> Yes |
| | <input type="checkbox"/> No |
| | <input checked="" type="checkbox"/> No meta-analysis conducted |

16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?

For Yes:

- | | |
|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> The authors reported no competing interests OR | <input checked="" type="checkbox"/> Yes |
| <input type="checkbox"/> The authors described their funding sources and how they managed potential conflicts of interest | <input type="checkbox"/> No |

Institut de formation en Masso-Kinésithérapie La Musse

ifmk@iflrs-lamusse.net ; 0033 (0)2 32 07 29 51

Résumé

Introduction : Les Troubles du Spectre de l'Autisme sont un ensemble de troubles du neurodéveloppement débutant dans la petite enfance et entraînant une altération de nombreuses capacités motrices, cognitives et sociales. Il est maintenant avéré que les enfants atteints de ces troubles présentent des problèmes de l'équilibre, perturbant l'acquisition de capacités motrices indispensables à leur développement. Aujourd'hui, les preuves de l'efficacité de l'activité physique sur la plupart des fonctions motrices des enfants atteints de TSA sont nombreuses, mais aucune revue systématique ne s'est encore intéressée à son impact sur leur équilibre. Ainsi le but de cette revue est d'évaluer l'impact de l'activité physique sur l'équilibre dynamique et statique des enfants atteints de TSA. **Méthode** : La réalisation de cette revue s'est basée sur les recommandations PRISMA 2020. La recherche des articles a été effectuée sur les bases de données PubMed, Cochrane Library et PEDro entre octobre 2021 et février 2022. Le risque de biais des études incluses a été défini grâce aux échelles PEDro et MINORS. Dans cette revue deux critères de jugement ont été évalués : l'équilibre dynamique et statique (principal) et les capacités d'interaction sociale (secondaire). **Résultats** : Sur 184 références, quatre essais contrôlés randomisés et deux essais contrôlés non randomisés ont été sélectionnés pour intégrer la revue. À cela s'est ajouté un article par le biais d'une sélection en amont. Ces articles étaient pour l'un de niveau 1, pour cinq d'entre eux de niveau 2, et pour le dernier de niveau 4. Les résultats ont très majoritairement montré une amélioration significative des deux critères de jugement ($p < 0,05$). **Conclusion** : Cette revue systématique démontre un effet bénéfique de l'activité physique sur les troubles de l'équilibre et les capacités d'interaction sociale des enfants atteints de TSA. Cependant des essais contrôlés randomisés de meilleure qualité méthodologique sont encouragés, d'une part pour confirmer les résultats et d'autre part apporter des preuves sur l'efficacité à long terme de l'intervention. **Mots-clés** : trouble du spectre de l'autisme, enfant, activité physique, équilibre.

Abstract

Background: Autism Spectrum Disorder (ASD) is a range of neurodevelopmental disorders beginning in early childhood. ASD leads to impairments in many functions such as motor skills, cognition or socialization. Nowadays, it is known that children suffering from these disorders also have balance impairments, disturbing the acquisition of essential motor skills in their development. Current evidence demonstrates the effectiveness of physical activity in most of motor skills in children with ASD, but no reviews have investigated its effect on balance problems in these children yet. Thus, this review aims to examine the impact of physical activity in static and dynamic balance of children with ASD. **Methods:** This review was performed by following the recommendations of PRISMA 2020. Research of studies was carried out using the PubMed, Cochrane Library and PEDro databases between October 2021 and February 2022. The risk of bias of the studies included was evaluated using the PEDro and MINORS scales. Two outcomes were investigated in this review: dynamic and static balance (principal), and social skills (secondary). **Outcomes:** Amongst 184 references, four randomized clinical trials and two non-randomized clinical trials were included. In addition, an article was included through a backward citation searching. The level of evidence was level I for one, level II for five of them, and level IV for the last one. **Conclusion:** This systematic review demonstrates a beneficial impact of physical activity on balance and social skills of children with ASD. Nevertheless, randomized clinical trials with higher methodological quality are encouraged, in order to confirm results and to provide evidence of the long-term efficacy of the intervention. **Keywords:** autistic spectrum disorder, children, physical activity, balance.

